

PARCO EOLICO IMPERIA MONTI MORO, GUARDIABELLA

Il Committente:



Sede Legale:

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

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI
PERICOLOSITA' SISMICA

Titolo:

INQUADRAMENTO GENERALE



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
06/2023	AC SS	Emissione	06/2023	AC SS	06/2023	AC SS

Formato A4

GIUGNO 2023

Commessa

Tip. impianto

Fase Progetto

Disciplina

Tip. Doc

Titolo

N. Elab

REV

22109

EO

DE

GE

R

01

0001

A

CONSULENZA GEOLOGICA A CURA DI:

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

Studio Associato
di Geologia Tecnica



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

File: Imperia_Monti Moro Guardiabella_IM01_2022_Geologica_finale_Sottostazione Elettrica.doc

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

INDICE

0. SOMMARIO	3
1. OGGETTO DELL'INCARICO	3
2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:	5
3. INTERVENTO IN PROGETTO	7
4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI	13
5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO	14
5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	14
5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.	
.....	15
6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	16
7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	24
8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO	25
9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO	25
9.1 Zonazione sismogenetica.	25
9.2 Classificazione sismica della Regione Liguria.	32
10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI	38

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 18 più Energia S.r.l. composto da 32 aerogeneratori di potenza ciascuno pari a 6,2MW, per una potenza globale di 198.4 MW, da collocare sotto i crinali montani che da Colle San Bartolomeo raggiungono San Bernardo di Conio passando per Monte Guardiabella e proseguono fino a Cipressa passando per il Colle d'Oggia e il Monte Faudò, nei territori comunali di Pieve di Teco, Caravonica, Borgomaro, Aurigo, Rezzo, Montalto Carpasio, Prelà, Dolcedo, Castellaro, Pietrabruna e Cipressa.

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 Imperia Monti Moro, Guardiabella e di tutte le opere accessorie e connesse.

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

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

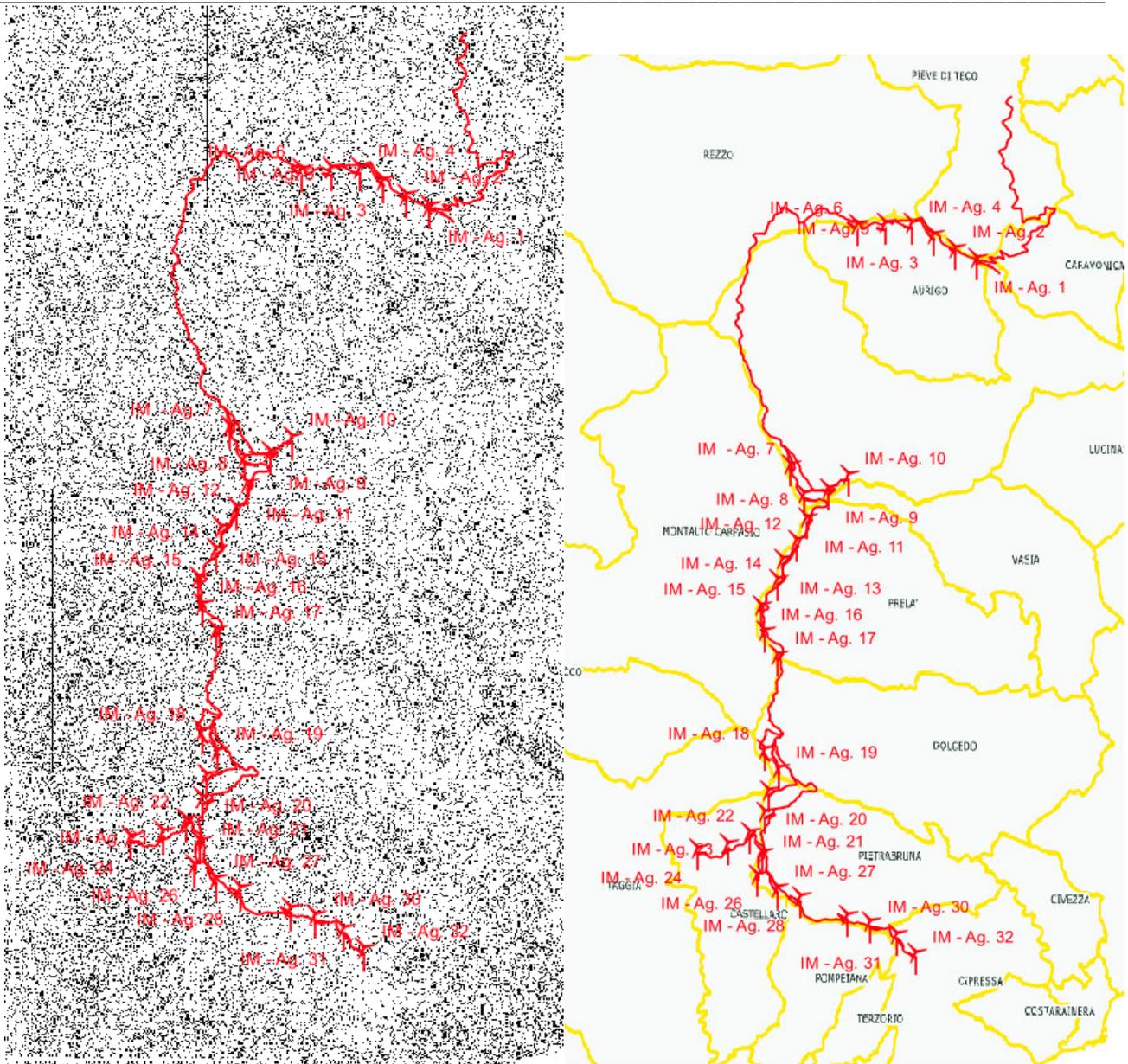


Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR regione Liguria (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito) e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

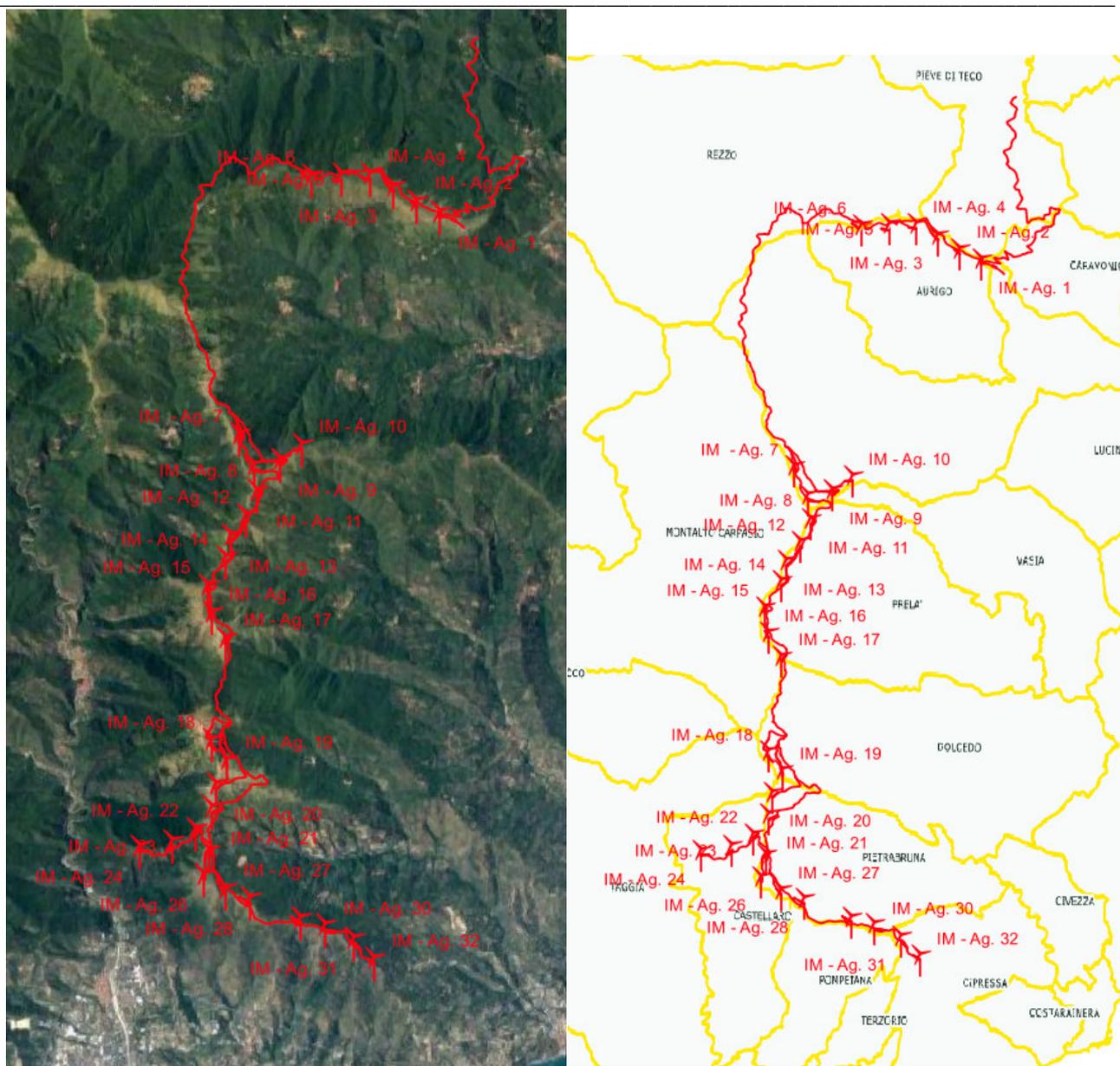


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito), e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

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

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

D.M. 17/01/2018	Circolare C.S. LL.PP n° 7/2019
<p>Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>Categorie di sottosuolo</p> <p>Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o</p>	<p>Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno.</p> <p>Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E) e ad una delle categorie</p>

<p>delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.</p>	<p>topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4).). (omissis) ...</p>
	<p>Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA. ... (omissis) La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica ... (omissis)</p>
<p>Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI. Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.</p>	
<p>Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO. Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito; 2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche; 3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);; 4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive; 5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni; 6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio. 	
<p>Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.</p>	<p>Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO La relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base di specifiche indagini e prove. Tale relazione, che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, tiene conto dei seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetto litostrutturale e stratigrafico, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra vari corpi geologici); - caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti; - processi morfo evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento; - caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea; - risultati dello studio sismotettonico; - assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismodinamici. <p>La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali: carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico-ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite corredate da una planimetria con la loro ubicazione. Il piano delle indagini nell'area di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare.</p>

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

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

3. INTERVENTO IN PROGETTO

PARCO EOLICO IMPERIA, MONTI MORO, GUARDIABELLA

Al fine di semplificarne la trattazione è stato suddiviso in una Zona Settentrionale, una Zona Centrale ed in una Zona Meridionale collegate tra loro dalla strada di collegamento.

Presso la Zona Settentrionale del Parco Eolico Monti Moro, Guardiabella, in prossimità del Monte Guardiabella è prevista l'edificazione di 6 aerogeneratori dei 32 previsti a progetto e rispettivamente quelli denominati da AG01 ad AG06, su una dorsale montuosa ad andamento WNW/ESE che dal Monte Aurigo (metri 1115 s.l.m.) si sviluppa fino al Picco Ritto (metri 930 s.l.m.) passando per il Monte Guardiabella (metri 1120). Presso la Zona Centrale è prevista l'edificazione di 21 aerogeneratori in due blocchi, rispettivamente di 11 aerogeneratori da AG07 ad AG17 e di 10 aerogeneratori da AG18 ad AG27 su una dorsale montuosa ad andamento N/S che dal Monte Arbozzaro (metri 1130 m.l.m) si sviluppa fino al Monte Sette Fontane (metri 793 s.l.m.) passando per il Monte Follia (metri 1130 s.l.m.) e Monte Faudò (metri 1150 s.l.m.). Presso la Zona Meridionale è prevista l'edificazione dei restanti 5 aerogeneratori, da AG28 ad AG32, su una dorsale montuosa a sviluppo NW/SE individuata dai monti Monte Sette Fontane (metri 793 s.l.m.) e Pian delle Vigne (metri 541 s.l.m.).

I principali elementi in progetto sono i seguenti.

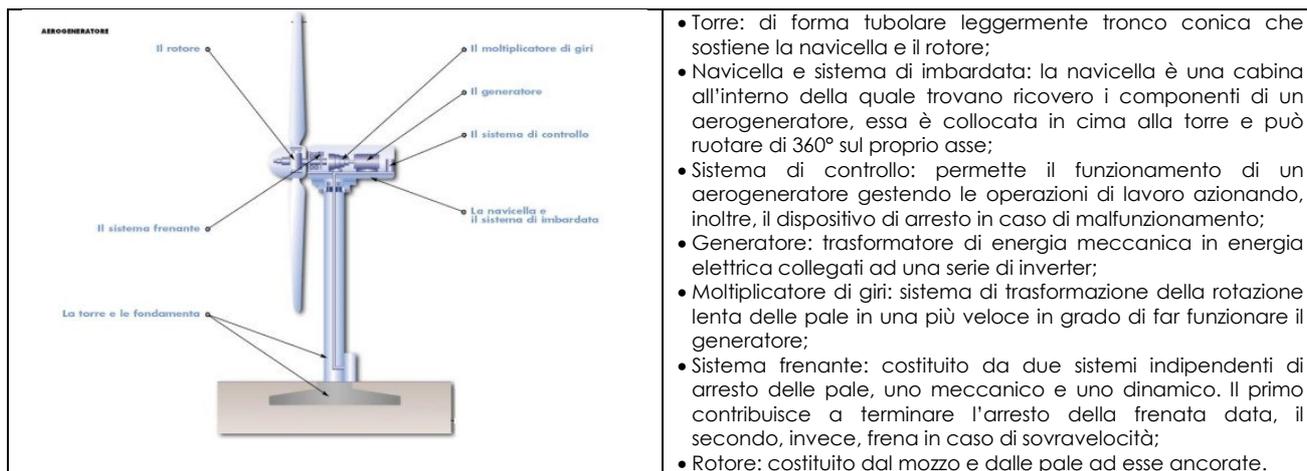
PIAZZOLA DI MONTAGGIO

Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola dalla forma variabile, e avente una superficie totale di circa 3700 - 4000 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.



STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le torri degli aerogeneratori verranno fissate al terreno attraverso un sistema fondale di tipo diretto costituito da un plinto di fondazione di 25 metri di diametro per una altezza di circa 3.00 metri al quale, se le condizioni dell'ammasso roccioso lo rendessero necessario e sicuramente per gli aerogeneratori da 1 a 6, ubicati in area carsica, saranno collegati 32 pali di fondazione di tipo trivellati con diametro 1.2 metri e lunghezza 20 metri l'uno, opportunamente immorsati nelle porzioni più sane ed inalterate del substrato roccioso. Sebbene per tutti gli aerogeneratori sia stata effettuata una campagna geofisica preliminare e/o rilevamenti geomeccanici in sito, la necessità d'uso e l'esatta lunghezza di tali fondazioni indirette dovrà essere calcolata turbina per turbina a seguito di indagini a carotaggio con recupero di campione, indagini geotecniche e geomeccaniche di laboratorio ed indagini geofisiche specifiche quali downhole e crosshole. Tali strutture di fondazione saranno opportunamente strumentate al fine di monitorarle in corso di edificazione e di funzionamento. La parte superiore delle fondazioni sarà di circa 20 cm sopra al piano campagna mentre il resto della fondazione verrà interrato ed il terreno sovrastante la stessa, rinverdito per una migliore mitigazione. Al pari dell'interramento della fondazione anche le scarpate generate dai fronti scavo per la loro realizzazione verranno adeguatamente stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica e inerbite allo scopo di ridurre l'effetto erosivo delle acque meteoriche che verranno comunque raccolte in canalette posate a terra e convogliate in impluvi naturali.

STRADA DI COLLEGAMENTO

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

Per questa categoria le strade definite esistenti sono in realtà delle strade sterrate in parte classificate come "strade Provinciali" 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 media della strada di collegamento sarà pari a circa 7 metri, salvo alcuni tratti stradali dove potrà arrivare anche a 10 metri per permettere di ottenere idonei raggi di curvatura. Nel complesso la strada di collegamento avrà una lunghezza complessiva di circa 29,50 km, di cui 25,70 km di collegamento tra le tre aree di installazione e i restanti chilometri di piste necessarie al

raggiungimento delle singole piazzole. La pendenza massima progettata per queste strade è del 20% oltre al quale i mezzi di trasporto e lavoro non riuscirebbero a transitare.

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.

Per quanto concerne l'approvvigionamento della materia prima, si prevede l'utilizzo di cave di inerti autorizzate presenti in zona.

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 BORGOMARO

La sottostazione elettrica è un'area di 126x56 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 Albenga (SV).

Poiché il terreno ove si è prevista la sottostazione presenta una minima pendenza, si sono comunque 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, inoltre al fine di limitare eccessive movimentazioni di terreno e di creare altresì situazioni di pericolo per la formazione di dissesti del terreno circostante, si è optato di realizzare la struttura su due distinti livelli a quote differenti. Tale soluzione, a livello architettonico, andrà a contribuire anche al suo inserimento nel paesaggio

rendendolo meglio integrato nel versante che la ospita; inoltre, i materiali impiegati nella sua realizzazione rispecchieranno le seguenti caratteristiche:

- I muri di contenimento saranno rivestiti in pannelli di pietra locale;
- La copertura della sottostazione è prevista in tegole in laterizio;
- I materiali di finitura dei vari elementi edilizi presenteranno cromie idonee al contesto paesaggistico;

Infine per mitigare la visibilità della sottostazione, si prevede una piantumazione perimetrale di alberi a medio fusto.

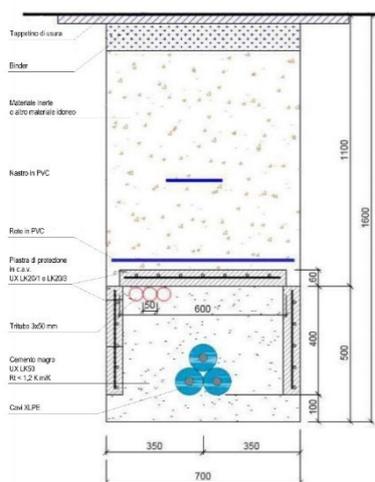
La nuova sottostazione elettrica sarà raggiungibile da un nuovo tratto di strada che dalla viabilità di collegamento interna, devierà per permettere ai mezzi pesanti il suo raggiungimento durante tutto l'arco della sua vita utile. L'ingresso alla struttura sarà garantito sia da un cancello carraio che da uno pedonale garantendo quindi l'accesso diretto ai mezzi; inoltre all'interno dell'area sarà previsto un percorso carrabile di servizio all'intero impianto per il trasporto di eventuali componenti di ricambio.

L'area verrà inoltre recintata con elementi prefabbricati in calcestruzzo come da linee guida per la progettazione di questi sistemi sensibili.

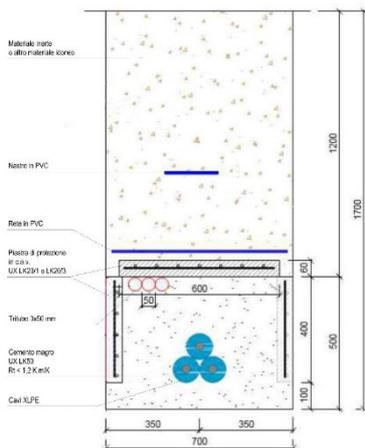
OPERE ELETTRICHE

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 ubicata nei pressi dell'aerogeneratore 01;
- 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 viabilità esistente avendo cura di posarlo in corrispondenza della banchina, 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 monitor 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. 10 tubi dn250 che raggiungono la sottostazione di elevazione. Anche in questo caso si prevede la posa nella banchina della strada secondo le profondità dettate dal Gestore della rete per i cavi di alta tensione.

ADEGUAMENTI ALLE STRADE PROVINCIALI E COMUNALI

A seguito di una 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 Calderara, fino ad arrivare alla nuova sottostazione elettrica posta sotto il crinale che giunge al Guardiabella.

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 previsti.

Tra gli interventi necessari per garantire il passaggio di mezzi da cantiere pesanti troviamo:

- Interventi di ripristino della SP 95 mediante realizzazione di tratti stradali su micropali;
- Realizzazione di una variante stradale nel comune di San Bernardo di Conio necessaria per bypassare il centro abitato;

Tra gli interventi necessari per il trasporto dei singoli elementi costituenti le turbine eoliche invece troviamo:

- Realizzazione di una variante stradale da SS1, nei pressi del comune di San Lorenzo al Mare;
- Adeguamento stradale di via Cipressa sul territorio comunale di Costarainera;
- Realizzazione di una seconda variante stradale dal cimitero di Costarainera a strada antica Torre nel comune di Cipressa;
- Adeguamento viario fino all'aerogeneratore n. 32



Estratto tavola trasporto elementi con inquadramento viabilità prevista

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 allo smottamento del terreno, e in altri con caratteristiche geometriche minime al paggio di due autoveicoli.

Anche le varianti stradali saranno di carattere permanente, e verranno realizzate con l'obiettivo di bypassare i centri abitati.

In generale gli adeguamenti stradali prevedono un ampliamento del sedime stradale che può arrivare anche al raddoppio dello stesso; l'entità dell'intervento deriva dal risultato dell'analisi svolta per singoli tratti stradali mediante studio della traiettoria del mezzo impiegato con l'ingombro di un concio tipo. Dove il mezzo semovente richiede delle traiettorie che vanno oltre la geometria stradale esistente sono stati studiati appositi ampliamenti stradali mirati al superamento dell'impedimento.

Per quanto concerne il passaggio dei singoli elementi verranno inoltre previste delle aree di pulizia a ciglio strada per evitare che la vegetazione esistente possa interferire con il loro regolare transito.

Le due varianti stradali di Cipressa e Costarainera prevedono invece la realizzazione di un nuovo tracciato stradale necessario al superamento dei centri abitati e costituenti una scorciatoia rispetto alle strade esistenti che comunque non avrebbero caratteristiche idonee per supportare il passaggio di mezzi speciali. Tali strade inoltre favorirebbero la limitazione di eventuali richieste di ordinanza per la chiusura di specifici tratti stradali nelle fasi di trasporto garantendo ai residenti delle aree limitrofe meno disagi.

Nel complesso la realizzazione di nuovi tratti stradali comporterà una piccola variazione del profilo trasversale del versante interessato dai lavori per permettere opere di sbancamento e realizzazione del sedime stradale.

Come per tutte le opere riguardanti il progetto del parco eolico, si è tenuto conto di soluzioni meno invasive possibili sul territorio e sul contesto in cui ricadono, limitando le opere di scavo e riporto al minimo necessario, che comunque dovranno essere puntualmente verificate in fase prodromica all'esecutiva.

Inoltre detta nuova viabilità, a fronte dei passati incendi boschivi che hanno caratterizzato i territori, è volta a costituire nuovi viali taglia fuoco. L'accesso diretto al crinale e la pulizia dei territori limitrofi andrà a contribuire ad un maggior controllo di questi fenomeni sempre più frequenti.

OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Scopo del progetto è stato anche quello di limitare quanto più possibile la realizzazione di opere civili che potessero creare forti impatti ambientali sul contesto in cui vengono inserite pertanto, laddove non sia possibile limitare gli scavi e i riporti si provvederà, attraverso opere di ingegneria naturalistica, al ripristino delle scarpate mediante i seguenti accorgimenti:

- Applicazione di idrosemina su tutte le superfici libere e sulle scarpate a monte delle piste di servizio;
- Rivestimenti di terreni acclivi mediante utilizzo di geocomposito al fine di preservare il terreno da agenti atmosferici che potrebbero compromettere la stabilità delle scarpate;
- Realizzazione di terre rinforzate per la stabilizzazione dei versanti aventi pendenze fino al 70%. La fondazione di tali opere verrà opportunamente calcolata e dimensionata a seguito di specifici accertamenti geognostici da eseguirsi in fase prodromica all'esecutiva.
- Stabilizzazione delle scarpate mediante realizzazione di viminate e/o palizzate.

4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI

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

Le macro attività che si prevedono sono le seguenti:

- Tracciamento nuove opere;
- Allestimento cantiere;
- Sistemazione delle strade Provinciali fino all'inizio del cantiere;
- Realizzazione delle varianti stradali;
- Realizzazione centrale di betonaggio;
- Spostamento dei sovraservizi esistenti e presenti tra il porto di Imperia e il cantiere;
- Realizzazione strada tra turbina 1 turbina 32 con cavidotto elettrico;
- Realizzazione connessione tra sottostazione e punto di consegna;
- Realizzazione sottostazione di elevazione;
- Realizzazione strada di accesso, scavo, fondazione indiretta (dove necessaria), plinto, piazzole;
- Realizzazione plinto per traliccio anemometrico;
- Trasporto aerogeneratori fino all'area di cantiere;

- Trasporto e montaggio aerogeneratori;
- Trasporto e montaggio traliccio anemometrico;
- Sistemazione piazzole aerogeneratori;
- Sistemazione strada di accesso agli aerogeneratori e riduzione sezioni dove necessario;
- Eliminazione varianti stradali;
- Eliminazione centrale di betonaggio;
- Completamenti vari.

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 Pieve di Teco così come pure la centrale di betonaggio necessaria alla realizzazione delle opere. 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 aerogeneratori nonché delle opere ad esso collegate ed accessorie è stato soggetto a studi geologici e geomorfologici di dettaglio ed a una campagna di indagine geofisica avente lo scopo di individuare le peculiarità dei siti d'indagine.

5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

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

Nella fase preliminare si è proceduto alla ricerca, raccolta ed analisi attenta e critica dei dati bibliografici esistenti che è stato possibile reperire e/o consultare presso i siti istituzionali dei diversi enti territoriali interessati, analizzando, anche con lo studio delle foto aeree, i fenomeni morfologici e l'evoluzione degli stessi sui versanti in studio. Da questa base di partenza si è proceduto, successivamente, ad una verifica diretta dei dati bibliografici esistenti mediante l'esecuzione di un rilevamento di campagna che ha permesso un'ulteriore acquisizione di dati necessari alla loro

successiva elaborazione e alla stesura degli elaborati tematici di base (cartografia contenente informazioni relative alla geologia, geomorfologia ed idrogeologia).

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

Nel primo gruppo ricadono le rocce a comportamento lapideo buono con importanti bancate calcaree mentre nel secondo quelle definite deboli in quanto costituite prevalentemente da materiali deboli (ad es. marne a comportamento ardesiaco). Le rocce deboli che, indipendentemente dalla resistenza dei minerali costituenti, 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. In tale categoria ricadono anche le rocce sottilmente stratificate, intensamente scistose e tutte quelle che, indipendentemente dalla genesi, hanno subito intensi processi di fratturazione.

Inoltre, nella classe delle rocce deboli possono essere 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, MASW E HVSR.

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

Questo metodo è normalmente usato per localizzare superficie che separano strati caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde sismiche e si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12, 24 o 48 geofoni allineati a distanza nota che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di diversi punti di energizzazione dislocati in posizione nota: generalmente con due o più punti all'esterno dell'allineamento dei geofoni, in offset rispetto al primo e all'ultimo geofono ed intermedi all'interno dello stendimento.

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

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

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

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

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

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

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

6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da una configurazione morfologica montuosa, dove si riscontrano i rilievi anche elevati, con vette aventi altitudine comprese tra i 1150 e i 540 metri s.l.m. L'aspetto morfologico risulta collegato alle caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti e all'evoluzione strutturale da queste subita durante la storia geologica dell'intera regione, in particolare l'ubiquitaria presenza, anche con presenza di vasti affioramenti, di litotipi calcareo-marnoso-arenacei ben stratificati (Flysh di San Remo) 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 tre parti, una parte settentrionale, una centrale ed una meridionale ubicate rispettivamente:

- per la Zona Settentrionale del Parco Eolico Monti Moro, Guardiabella, in prossimità del Monte Guardiabella è prevista l'edificazione di 6 aerogeneratori dei 32 previsti a

- progetto e rispettivamente quelli denominati da AG01 ad AG06, su una dorsale montuosa ad andamento WNW/ESE che dal Monte Aurigo (metri 1115 s.l.m.) si sviluppa fino al Picco Ritto (metri 930 s.l.m.) passando per il Monte Guardiabella (metri 1120);
- per la Zona Centrale è prevista l'edificazione di 21 aerogeneratori in due blocchi, rispettivamente di 11 aerogeneratori da AG07 ad AG17 e di 10 aerogeneratori da AG18 ad AG27 su una dorsale montuosa ad andamento N/S che dal Monte Arbozzaro (metri 1130 m.l.m) si sviluppa fino al Monte Sette Fontane (metri 793 s.l.m.) passando per il Monte Follia (metri 1130 s.l.m.) e Monte Faudò (metri 1150 s.l.m.);
 - per la Zona Meridionale è prevista l'edificazione dei restanti 5 aerogeneratori, da AG28 ad AG32, su una dorsale montuosa a sviluppo NW/SE individuata dai monti Monte Sette Fontane (metri 793 s.l.m.) e Pian delle Vigne (metri 541 s.l.m.).

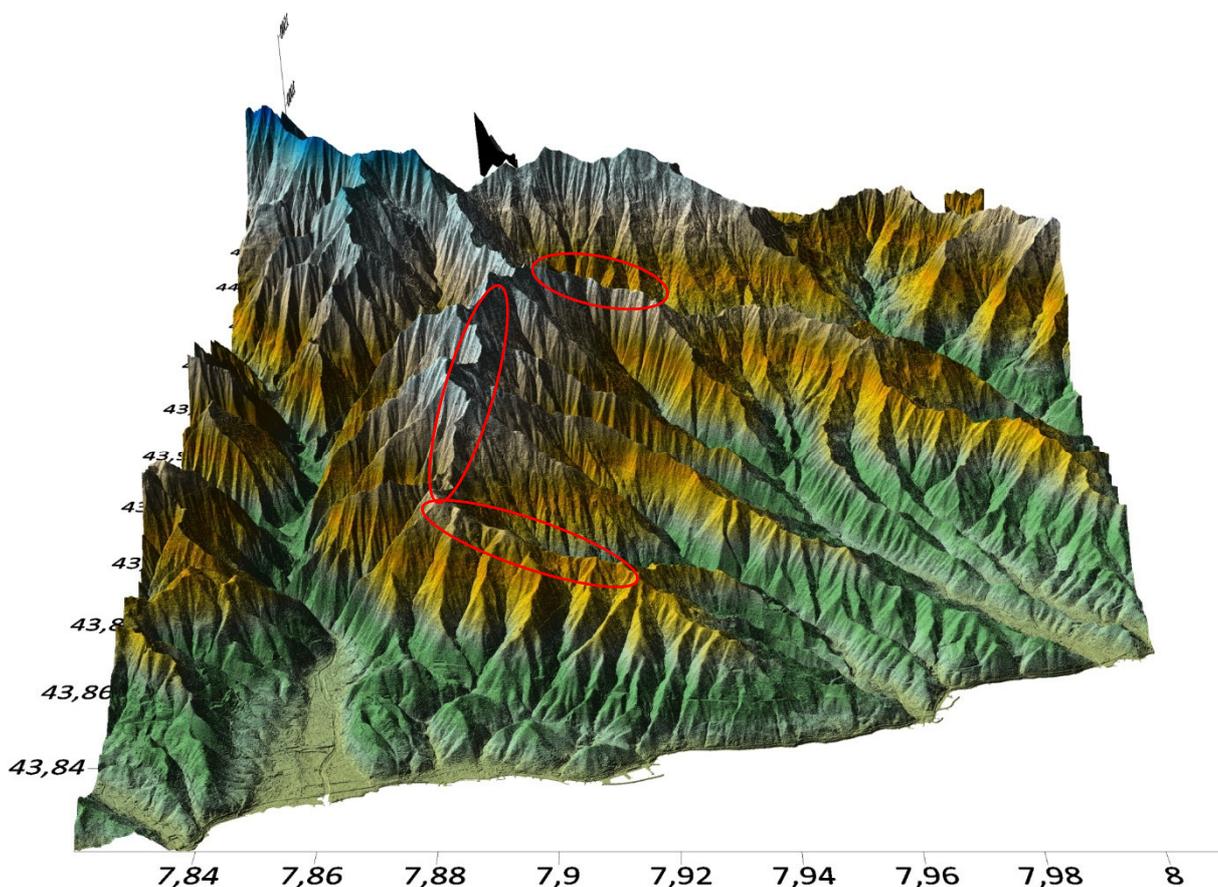


Figura 6.1: Modello 3D da DTM 1 m – assenza di esagerazione verticale, sono evidenziate la zona settentrionale (AG da 01 a 06), centrale (AG da 07 a 27) e meridionale (AG da 28 a 32)

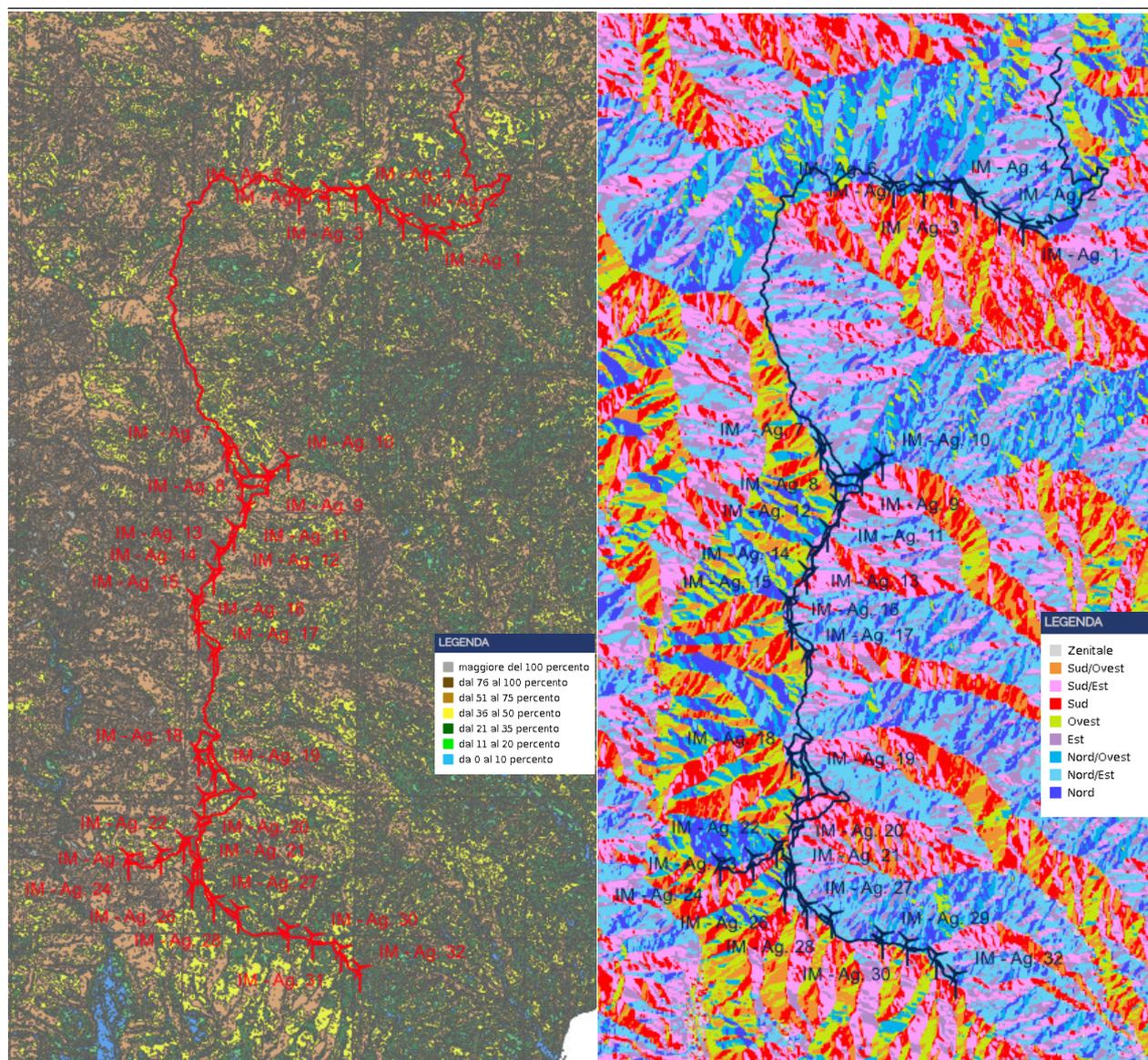


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi e Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi – Regione Liguria.

Gli studi geologici sono stati redatti mediante controlli diretti sul terreno e usando come base le Carte Geologiche d'Italia F.o 91 Boves 1:100.000 e F.o CARG 196 Sanremo 1:50.000, riportando con sufficiente approssimazione, la distribuzione areale delle successioni litologiche affioranti nell'areale di intervento che sono sempre risultate ascrivibili al complesso sedimentario denominato come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale". Si tratta di sedimenti attribuiti ad una fossa bacinale e datati al Cretaceo che, in seguito a chiusura dell'originale oceano di deposizione, oceano esistente fra il Continente Paleoeuropeo e la Zolla Insubrica, sono state scollate dall'originale substrato ed hanno subito un trasporto tettonico verso l'esterno, fino a raggiungere l'attuale posizione alloctona (zona dei flysch) intermedia fra il dominio Prepiemontese e Brianzonese a levante e quello Delfinese Provenzale a ponente (Fig. 6.3).



Fig. 6.3 - Schema strutturale dell'area in esame tratta da Guida Geologica delle Alpi Liguri (1991)

L'unità tettonica dominante l'intero ambito di intervento è quella conosciuta come Flysch di San Remo che, nella porzione centro settentrionale dell'area di studio è caratterizzata da anticlinali rovesciate verso SW con superficie assiale immergente verso NE con inclinazione compresa tra i 30 e i 40 gradi. Queste strutture presentano fianchi dritti anche chilometrici poco inclinati e fianchi rovesci da molto inclinati a subverticali di limitata estensione. In generale gran parte delle strutture presenti sono riconducibili a drag folds. Queste strutture, nei settori sud-orientali, sono interessate in varia misura da numerose faglie dirette ad alto angolo, immerse verso SE e con direzione NNE-SSW, che vengono a ribassare i settori orientali verso la costa. Il settore meridionale è caratterizzato da più blandi piegamenti con superfici assiali subverticali ad andamento N-S e fianchi poco inclinati. Verso la costa sono presenti faglie dirette troncate da sistemi trascorrenti ad andamento NW-SE. In prossimità della valle del torrente Argentina i lembi pliocenici sono interessati, e a volte confinati, da faglie dirette ad andamento subverticale.

L'unità tettonica Flysch di San Remo è in quest'area rappresentata da diversi membri quali:

- **Membro di Capo Mele (FSM₁)**, di spessore variabile tra 100 e 300 metri, è rappresentato da marne ed arenarie calcaree costituenti spessi strati torbiditici, organizzati in sequenze positive con banchi spessi 10-30 metri, con la porzione terminale costituita da calcilutiti. Sono inoltre presenti scarsi strati arenaceo-argillitici. L'ambiente deposizionale di tali litologie è di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da spesse torbiditi marnose ed arenaceo calcaree di zona prossimale. L'attribuzione cronologica è riconducibile al Campaniano superiore p.p.-Maastrichtiano medio p.p.
- **Membro Villa Faraldi (FSM₂)**, rappresentato da marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici, con spessori inferiori, 1-5 metri, rispetto al membro di Capo Mele. Abbastanza rappresentate sono anche le calcilutiti e le torbiditi arenaceo-argillitiche. Sono presenti sequenze negative, spesse 5-10 metri, costituite da strati calcilutitici alla base che passano

verso l'alto a strati e banchi marnoso-arenacei. L'ambiente deposizionale di tali litologie è di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da torbiditi marnose ed arenaceo-calcaree di zona distale rispetto all'ambiente deposizionale del "membro di Capo Mele". L'attribuzione cronologica è riconducibile al Campaniano superiore p.p.-Maastrichtiano superiore p.p.

- **Membro San Michele (FSM₃)**, di spessore da 100 a 200 metri è costituito da strati arenaceo-argillitici e calcilutitici nei quali si intercalano a intervalli regolari, ogni 10-15 metri, megatorbiditi marnoso-arenacee spesse 5-7 metri che vengono a costituire megaritmici. L'ambiente deposizionale di tali litologie è di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da megatorbiditi marnoso-arenacee che si alternano a strati arenaceo-argillitici e calcilutitici, che può indicare un'intensa attività tettonica legata all'evoluzione del bacino ubicato probabilmente in corrispondenza di una zona di convergenza. L'attribuzione cronologica è riconducibile al Maastrichtiano superiore p.p.
- **Membro San Lorenzo (FSM₄)**, di spessore variabile con un massimo di 300 metri, è rappresentato da strati arenaceo-argillitici con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei spessi al massimo 1-2 metri. L'ambiente deposizionale di tali litologie è di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata in prevalenza da torbiditi arenaceo-siltitico-argillitiche che vengono a costituire la parte sommitale del "flesch di San Remo".

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

Nel dettaglio:

- I **depositi di frana recente** sono rappresentati da accumuli gravitativi di materiale eterogeneo ed eterometrico con e senza segni di riattivazione recente. In questa classe sono state cartografate le frane in atto, quelle i cui corpi sono risultati interessati da indizi di attività anche solo a carico di alcune loro parti significative e quelle prive di segni di riattivazione. I corpi di frana attiva più rilevanti possono essere ricondotti alle seguenti tipologie principali: - frane complesse di dimensioni significative, talvolta molto rilevanti, sia interamente costituite da materiale detritico caotico, sia coinvolgenti anche porzioni di substrato roccioso, in questo secondo caso hanno dimensioni molto varie soprattutto in senso verticale, con non infrequente componente di tipo scivolamento rotazionale; - frane di crollo e ribaltamento in roccia, non sempre di facile individuazione all'interno di aree affette da detritazione attiva, da e su pareti rocciose acclivi e a carico di prominenze morfologiche, in quest'ultimo caso soprattutto su substrato in depositi pliocenici; - frane di dimensioni cartografabili, ma quasi mai particolarmente rilevanti, prevalentemente di forma allungata, a carico di porzioni superficiali delle coperture incoerenti e semicoerenti di versante, con frequenti caratteri di colamento.

- I **depositi di frana antica** sono rappresentati da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico talvolta coinvolgenti porzioni di substrato; essi possono distinguersi in frane relitte con caratteristiche di frane di materiali incoerenti semicoerenti, di origine spesso complessa, e in frane relitte con caratteri di frane in roccia, prevalentemente "frane di scivolamento gravitativo in massa", sia rotazionale sia planare di scaglie di substrato.
- Le **coltri eluvio colluviali** sono le coperture quaternarie più largamente diffuse e più importanti sotto il profilo paesaggistico, fito-ecologico e produttivo. Sono uniformemente diffuse su tutta l'area rilevata. Hanno spessore medio ed elevato dovute ad alterazione in situ ed in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e sabbioso-ghiaiosa con estesa copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata. Nella loro variabilissima forma, estensione e origine, propongono aspetti variabili anche dal punto di vista compositivo, geotecnico e idrogeologico. Sotto il profilo dell'equilibrio geomorfologico di versante esse mostrano, talvolta, condizioni al limite di stabilità e sono quindi soggette a lentissimi fenomeni di reptazione o al rischio di improvvisi e localizzati fenomeni di scoscendimento. La loro attribuzione è all'Olocene recente.
- I **detriti di falda e di versante** sono rispettivamente depositi di versante di origine gravitativa, costituiti da materiali eterometrici con prevalenza di granulometrie grossolane e ciclopiche, spigolosi, in gran parte non cementati e privi di matrice, senza coperture pedogenetiche, disposti lungo fasce al piede di pareti rocciose e depositi di versante di spessori variabilissimi, di origine gravitativa, costituiti da materiali eterometrici con prevalenza di granulometrie grossolane talvolta a grossi blocchi, spigolosi, non cementati, con scarsa matrice e litologia in prevalenza arenacea e/o calcarea.

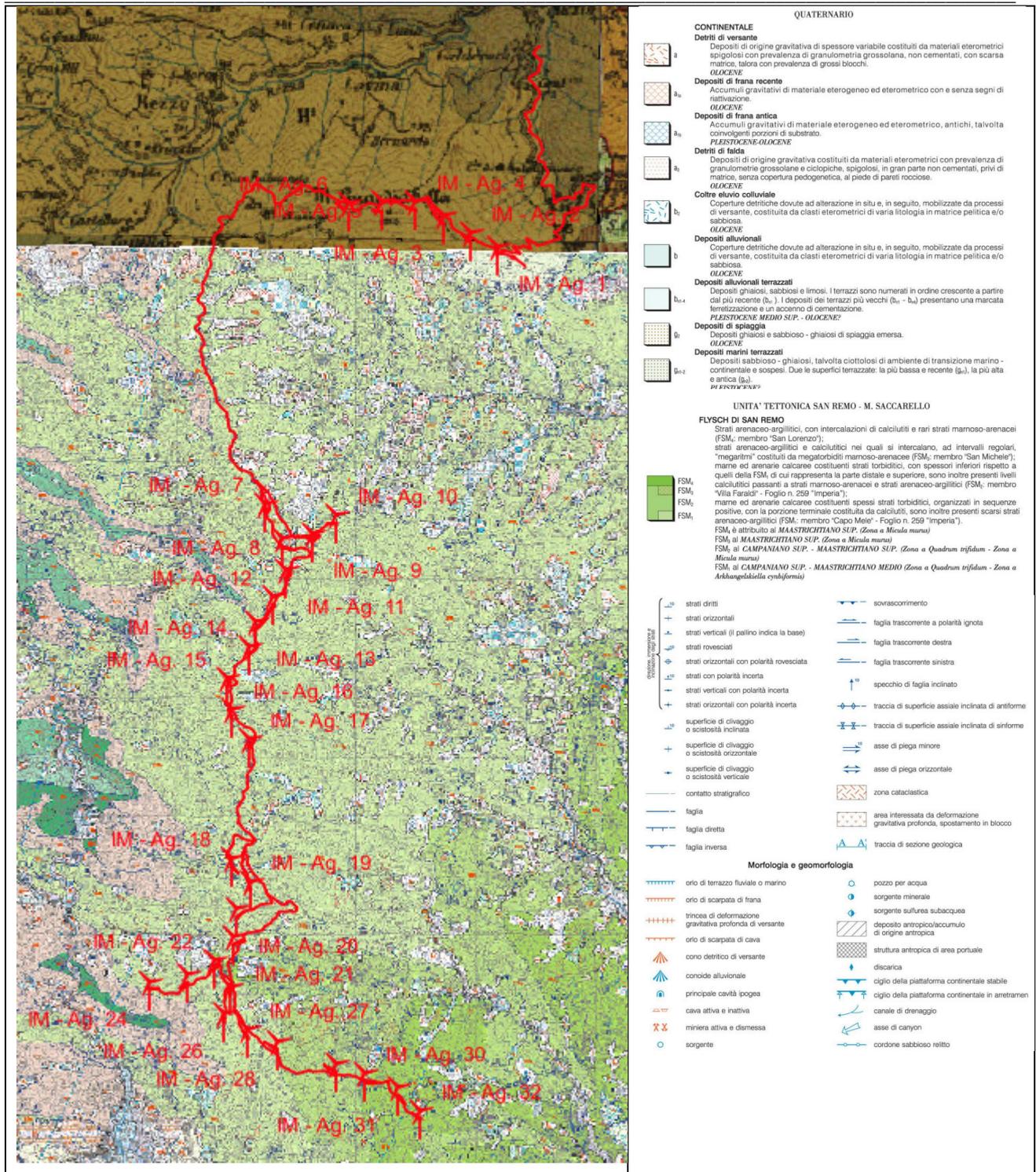


Figura 6.4: Carta geologica estratto CGR San Remo e CGI Boves – Ubicazione totalità aerogeneratori

Le valli al piede della zona di intervento si presentano morfologicamente in una fase evolutiva giovanile.

Tutto il territorio è in prevalenza montano e in particolare, per la forte pendenza media dei versanti a pareti scoscese e per la presenza di valloni profondamente incisi, si ha una morfologia alpestre. Un fattore da non sottovalutare nei processi di evoluzione morfologica in questa zona di territorio è la notevole trasformazione che hanno subito i versanti ben esposti per scopi agricoli. Su

interi versanti sono stati realizzati nel passato i tipici terrazzamenti "a fasce", fino a quote elevate che raggiungono e talvolta superano anche i 1000 m s.l.m. Questa notevole antropizzazione ha notevolmente modificato l'assetto geomorfologico originario.

La morfologia della zona è caratterizzata da una erosione differenziata esercitata sui litotipi presenti, descritti ampiamente nei paragrafi precedenti, tutti con grado di erodibilità più o meno accentuato.

L'assetto geomorfologico attuale è quindi condizionato prevalentemente dalla presenza di:

- argilliti e peliti scistose, caratterizzate da:
 - morfologia a debole e media acclività;
 - erodibilità molto alta, soprattutto nelle aree poco o nulla vegetate;
 - fossi di ruscellamento concentrato;
 - litotipi argillitici, quasi sempre scistososi, con alterazione anche in profondità;
 - pronunciata impermeabilità che determina un reticolo idrografico ad elevata densità di drenaggio e conseguentemente la circolazione idrica sotterranea risulta inesistente
- Calcari marnosi, marne e arenarie poco scistose, caratterizzati da:
 - morfologia a media e alta acclività;
 - grado di erodibilità medio-alto (media nel caso di prevalenza dei termini arenacei e calcarenitici);
 - reticolo idrografico con bassa densità di drenaggio, all'aumento della frazione argilloso-marnosa corrisponde un incremento nel valore di tale fattore;
 - discreto grado di carsificazione nelle successioni prevalentemente carbonatiche.
- Depositi del quaternario, si tratta di depositi eluvio colluviali, depositi di frana, coltri detritico-colluviali e depositi alluvionali:
 - presentano morfologia con acclività da media a nulla;
 - sui depositi eluvio colluviali maggiormente acclivi si possono impostare delle rotture della cotica erbosa sia lineari che arcuate, che talora evolvono in lenti colamenti o frane per scivolamento;
 - le coltri detritico-colluviali sono depositi che generalmente si trovano in alta quota, presentano anche spessori plurimetri e sono essenzialmente dovute a fenomeni crioclastici e termoclastici con accumuli ai piedi degli stessi versanti che li generano;
 - i depositi alluvionali sono talvolta caratterizzati per lo più da piccole aree subpianeggianti fiancheggianti l'alveo e raramente si presentano terrazzati. Tali terrazzi sono situati a quote superiori al letto del torrente, da cui sono generalmente separati da una scarpata rocciosa.

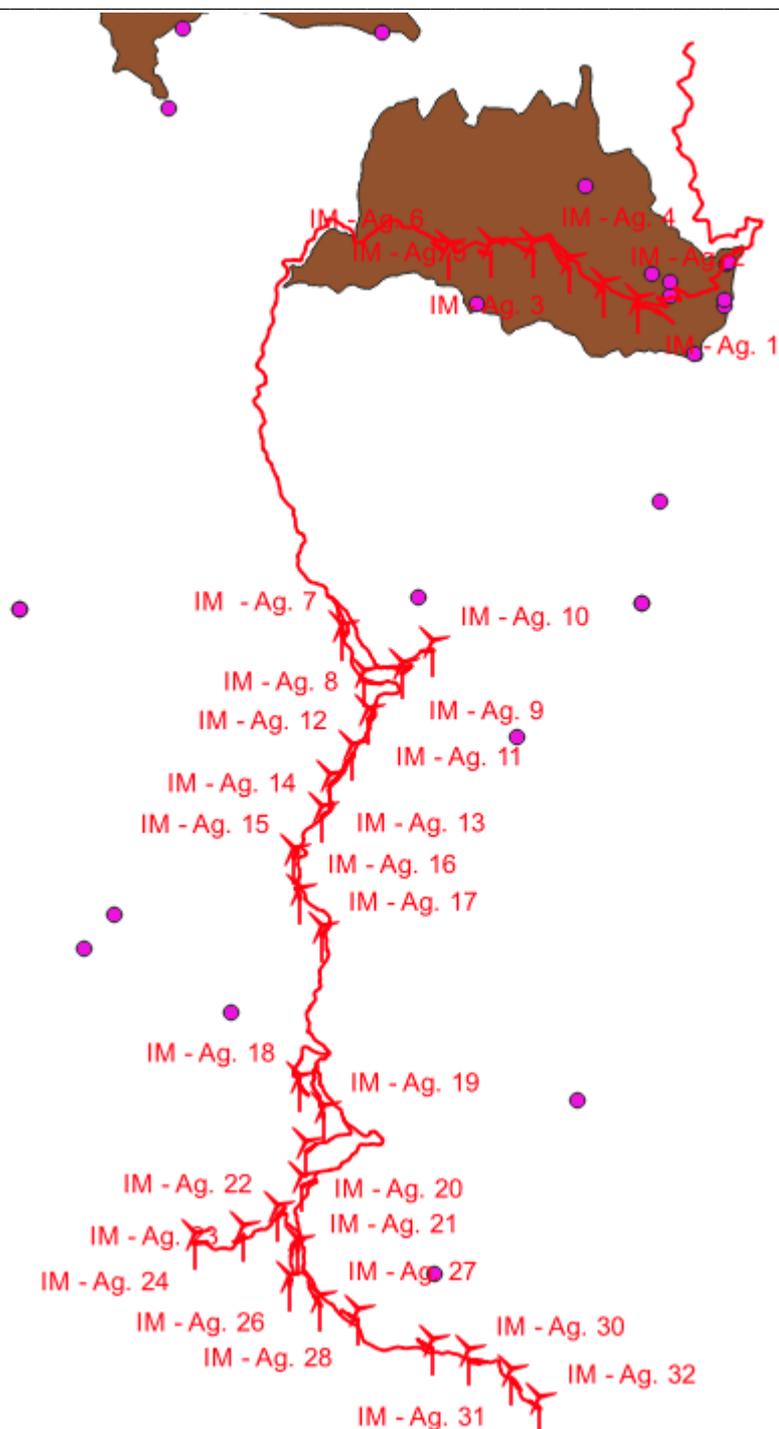


Figura 6.5: Regione Liguria- Cartografia Aree carsiche e grotte – Ubicazione totalità aereogeneratori

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 sottili a granulometria medio fine inglobanti frammenti detritici litoidi anche grossolani, 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 sottili, ma localmente plurimetriche a media capacità di drenaggio, l'ammasso roccioso risulta generalmente asciutto e solo in corrispondenza di intensi fenomeni meteorici risulta interessato da permeabilità in grande per fratturazione e subordinatamente per porosità più o meno accentuata in base al tipo litologico presente in sito.

All'epoca del rilevamento sono risultate evidenti, in diversi settori dell'area di intervento diverse venute idriche tipicamente per contatto.

9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO

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

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

9.1 Zonazione sismogenetica.

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

La ZS9 può essere utilizzata, insieme al catalogo di CPTI15 per stimare la “profondità efficace” cioè l'intervallo di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in una zona sorgente. Osservando la figura seguente, si nota che i tre comuni ricadono all'interno della zona denominata 911 che indica una zona utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica. I limiti tra le zone sono distinti con il colore nero e il blu: quelli neri ridefiniscono i limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, mentre quelli blu definiscono suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo, ma con differenti caratteristiche di sismicità.

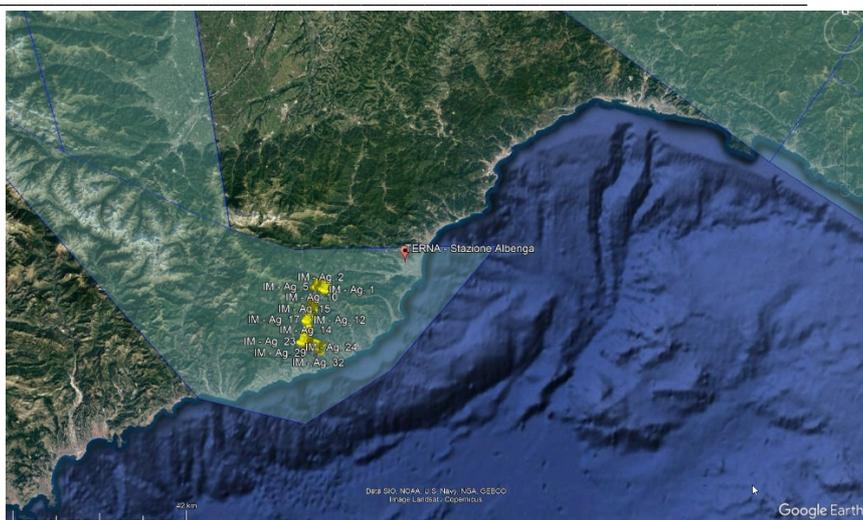
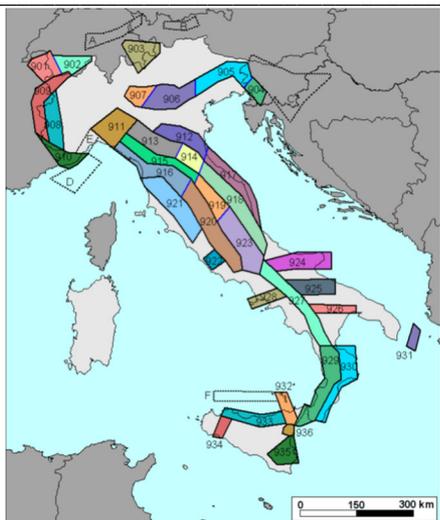


Figura 9.1.1 e 9.1.2: Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato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

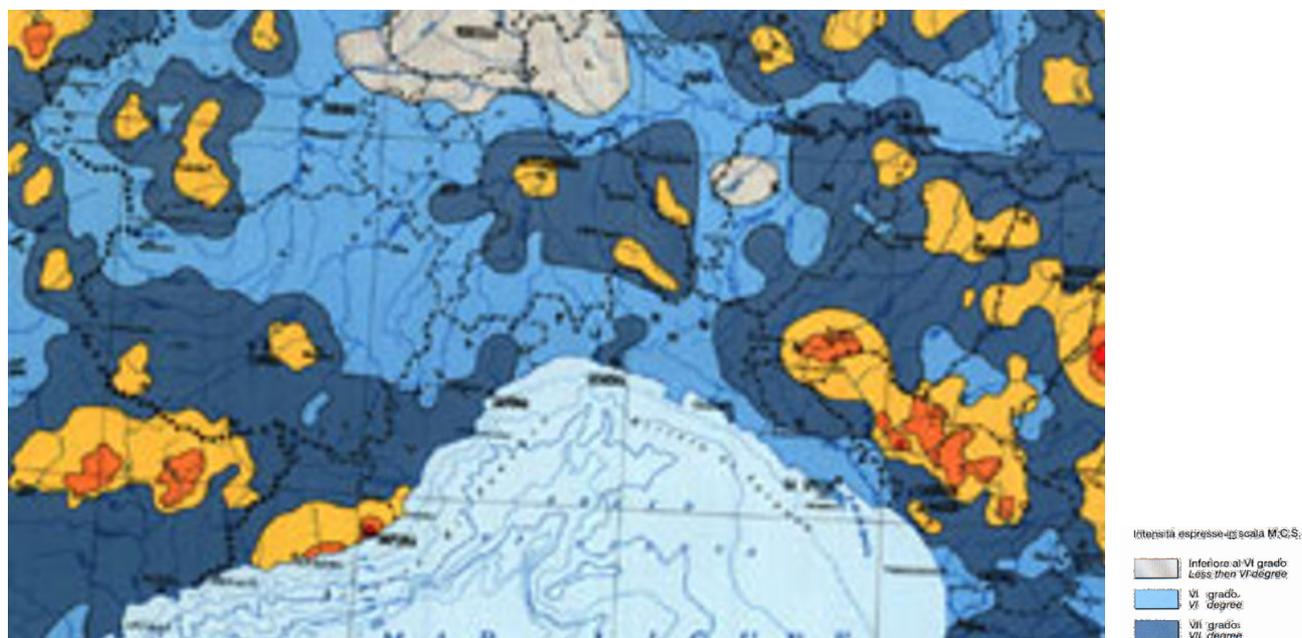


Figura 9.1.3: "MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995 (Scala 1:1.500.000) a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

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

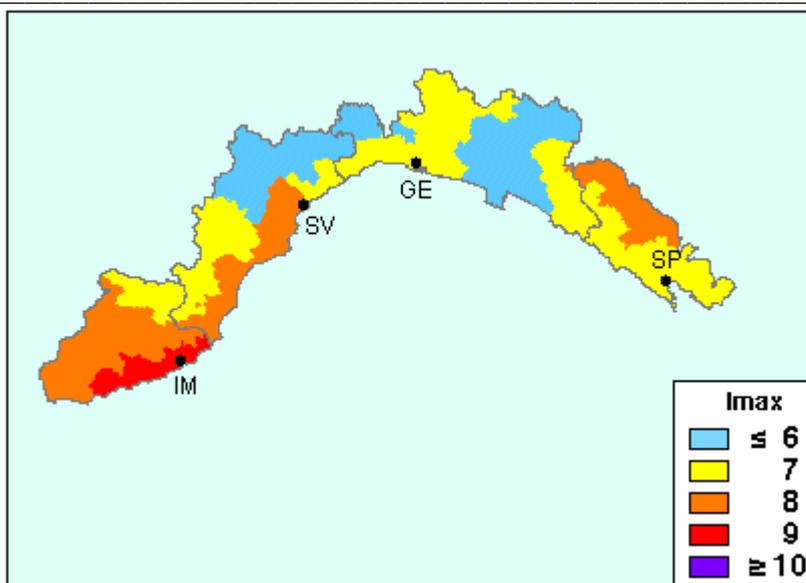


Figura 9.1.4: "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Liguria" (Molin, Stucchi, Valensise)

L'analisi storica della sismicità locale dei Comuni di Pieve di Teco, Caravonica, Borgomaro, Aurigo, Rezzo, Montalto Carpasio, Prelà, Dolcedo, Castellaro, Pietrabruna e Cipressa è riportata entro i database dell'INGV:

Pieve di Teco

PlaceID IT_32258
 Coordinate (lat, lon) 44.047, 7.914
 Comune (ISTAT 2015) Pieve di Teco
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 16

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1895	12	25	04	47		Liguria occidentale	9	5	4.18
4	1903	04	04	01	41		Liguria occidentale	20	5	4.45
NF	1904	11	15	19	16		Liguria occidentale	17	5	4.16
3-4	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
2	1909	05	27	06	10		Liguria occidentale	51	5-6	4.34
NF	1912	01	14	03	11		Liguria occidentale	19	4-5	3.89
3	1917	01	07	03	39		Savonese	32	5	4.35
2-3	1936	12	11	17	25		Liguria occidentale	12	6	4.46
4	1963	07	19	05	46	0	Mar Ligure	412		5.95
3-4	1981	04	22	04	26	2	Mar Ligure	14		4.43
4	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3-4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
4	1995	04	21	08	02	5	Liguria occidentale	49		4.39
3	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
4	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Caravonica

PlaceID IT_32147
 Coordinate (lat, lon) 43.992, 7.958
 Comune (ISTAT 2015) Caravonica
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 3

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3-4	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Borgomaro

PlaceID IT_32135
 Coordinate (lat, lon) 43.975, 7.944
 Comune (ISTAT 2015) Borgomaro
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 12

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1896	10	16				Liguria occidentale	55	6	4.91
NF	1904	11	15	19	16		Liguria occidentale	17	5	4.16
3	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
3	1912	01	14	03	11		Liguria occidentale	19	4-5	3.89
3-4	1919	11	28	21	38		Alpi Marittime	24	5-6	4.92
3	1936	12	11	17	25		Liguria occidentale	12	6	4.46
4	1963	07	19	05	46	0	Mar Ligure	412		5.95
4	1981	04	22	04	26	2	Mar Ligure	14		4.43
3-4	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
3-4	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Aurigo

PlaceID IT_32102
 Coordinate (lat, lon) 43.981, 7.920
 Comune (ISTAT 2015) Aurigo
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 5

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
2-3	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Rezzo

PlaceID IT_32302
 Coordinate (lat, lon) 44.022, 7.872
 Comune (ISTAT 2015) Rezzo
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 7

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	1892	05	08				Liguria occidentale	9	4	4.04
5	1897	10	12				Liguria occidentale	13	5	4.34
5	1963	07	19	05	46	0	Mar Ligure	412		5.95
NF	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
3-4	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Carpasio

PlaceID IT_32150
 Coordinate (lat, lon) 43.960, 7.865
 Comune (ISTAT 2015) Carpasio
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 3

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34

Prelà Castello

PlaceID IT_32378
 Coordinate (lat, lon) 43.939, 7.943
 Comune (ISTAT 2015) Vasia
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 1

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
7	📄	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27

Dolcedo

PlaceID IT_32199
 Coordinate (lat, lon) 43.907, 7.949
 Comune (ISTAT 2015) Dolcedo
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 8

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
7	📄	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	📄	1895	12	25	04	47	Liguria occidentale	9	5	4.18	
5	📄	1897	10	12			Liguria occidentale	13	5	4.34	
F	📄	1909	05	27	06	10	Liguria occidentale	51	5-6	4.34	
4	📄	1981	04	22	04	26	2	Mar Ligure	14		4.43
NF	📄	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
3	📄	1995	04	21	08	02	5	Liguria occidentale	49		4.39
4-5	📄	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Castellaro

PlaceID IT_32153
 Coordinate (lat, lon) 43.864, 7.868
 Comune (ISTAT 2015) Castellaro
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
8-9	📄	1831	05	26	10	30	Liguria occidentale	33	8	5.56	
8	📄	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	📄	1957	03	08	04	13	0	Liguria occidentale	17	4	3.81
4	📄	1958	10	13	13	50	Liguria occidentale	4	4	3.70	

Pietrabruna

PlaceID IT_32250
 Coordinate (lat, lon) 43.889, 7.901
 Comune (ISTAT 2015) Pietrabruna
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 3

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
7	📄	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	📄	1892	05	08			Liguria occidentale	9	4	4.04	
NF	📄	2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94	

Cipressa

PlaceID IT_32169
 Coordinate (lat, lon) 43.851, 7.929
 Comune (ISTAT 2015) Cipressa
 Provincia Imperia
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
7	📄	1831	05	26	10	30	Liguria occidentale	33	8	5.56	
7-8	📄	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	📄	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
NF	📄	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34

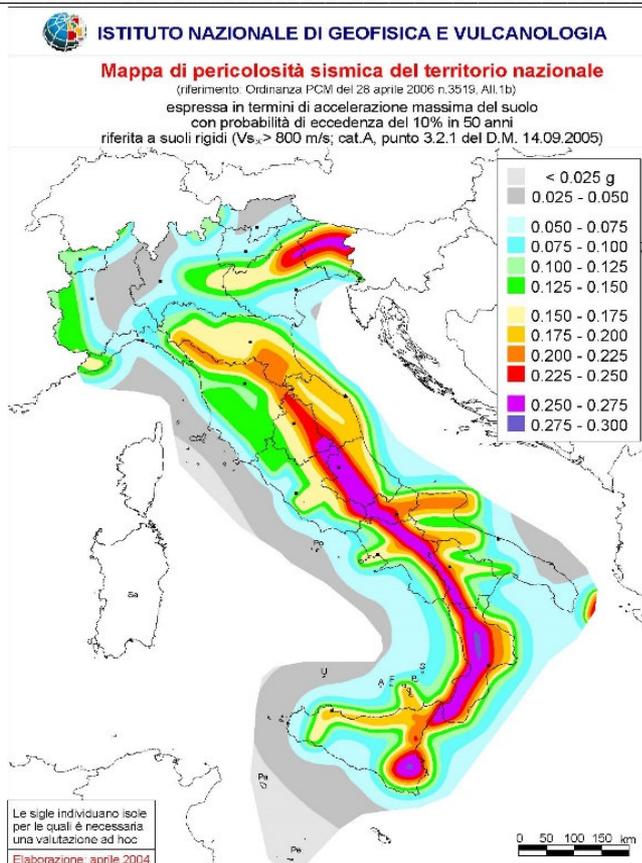


Figura 9.1.8: Mappa di pericolosità sismica MPS04

Il grado di sismicità attesa nella zona di Comuni Pieve di Teco, Caravonica, Borgomaro, Aurigo, Rezzo, Montalto Carpasio, Prelà, Dolcedo, Castellaro, Pietrabruna e Cipressa è dato da diverse strutture sismogenetiche, le più vicine delle quali sono la ITCS130 – Imperia Promontory e la ITCS022 – Imperia Promontory com'è visibile nella seguente rappresentazione.

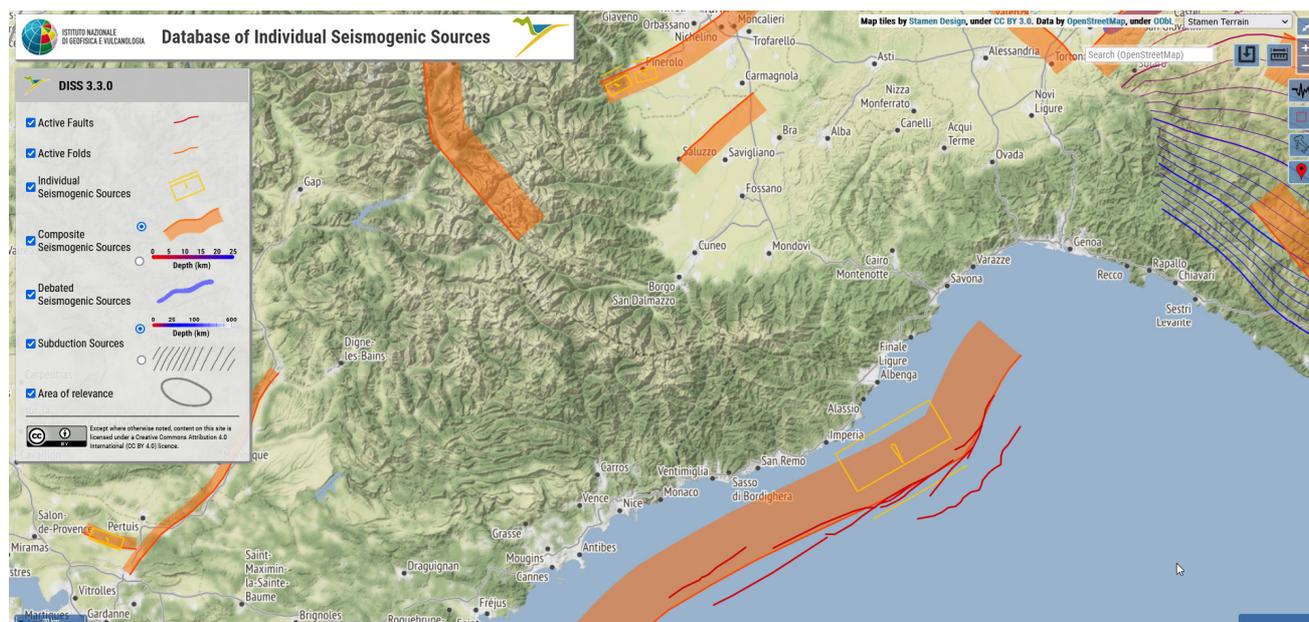


Figura 9.1.9: Schermata del Database DISS dell'INGV.



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

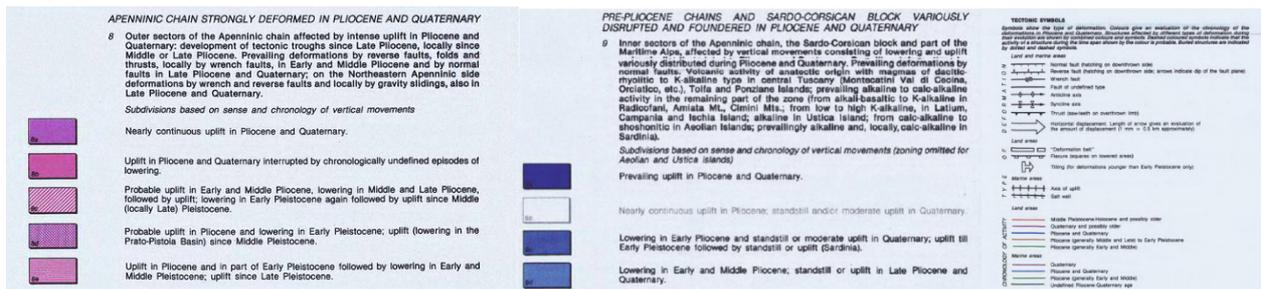


Figura 9.1.11: Legenda

9.2 Classificazione sismica della Regione Liguria.

L'area ricade nei comuni di Pieve di Teco, Caravonica, Borgomaro, Aurigo, Rezzo, Montalto Carpasio, Prelà, Dolcedo, Castellaro, Pietrabruna e Cipressa ed ai sensi delle DGR 216/2017 e 962/2018 risultano inseriti nelle seguenti Zone sismiche:

Comune	Zona Sismica
Pieve di Teco	3
Caravonica	3
Borgomaro	3
Aurigo	3
Rezzo	3
Montalto Carpasio	2
Prelà	2
Dolcedo	2
Castellaro	2
Pietrabruna	2
Cipressa	2

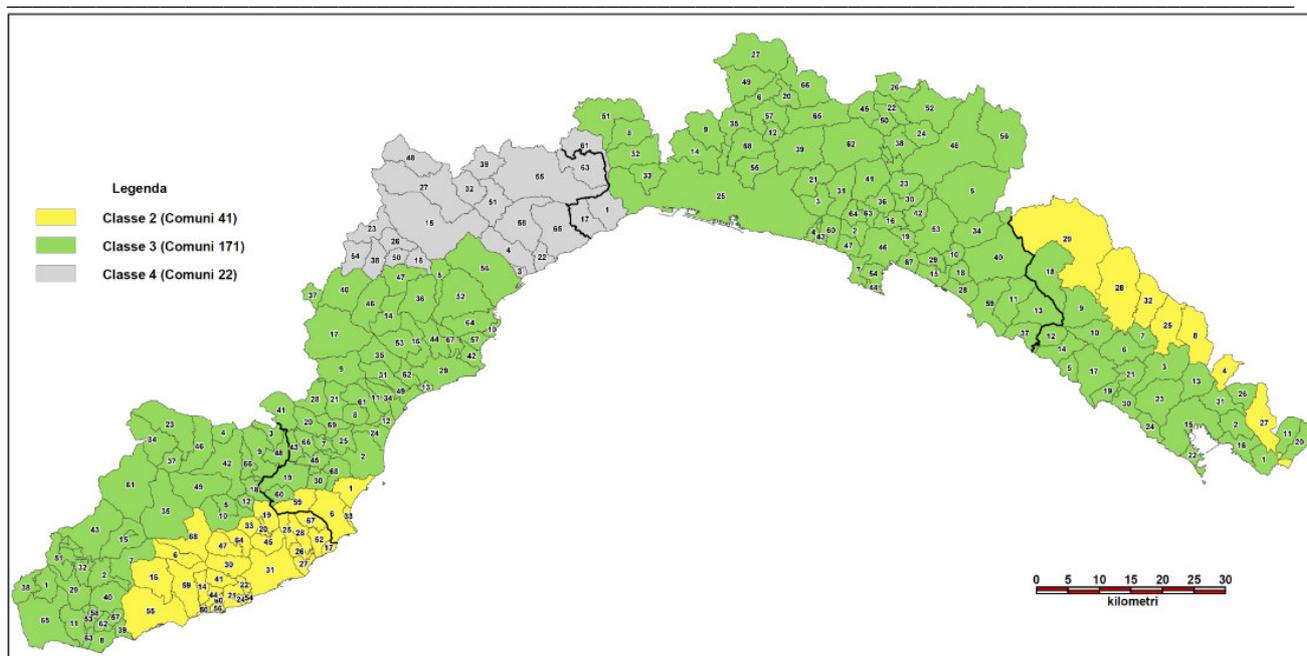


Figura 9.2.1: Cartografia Regionale della Regione Liguria

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

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

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

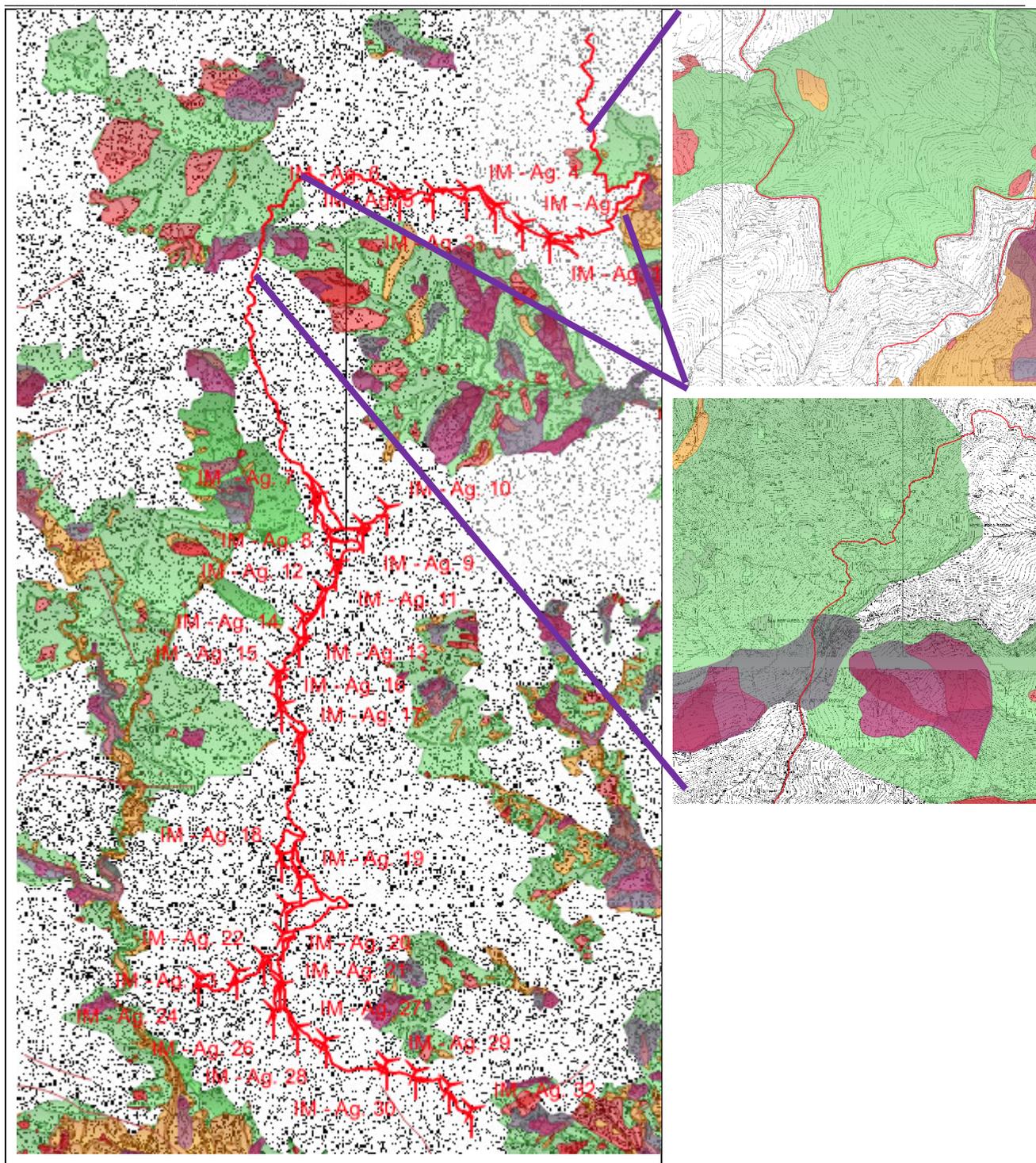
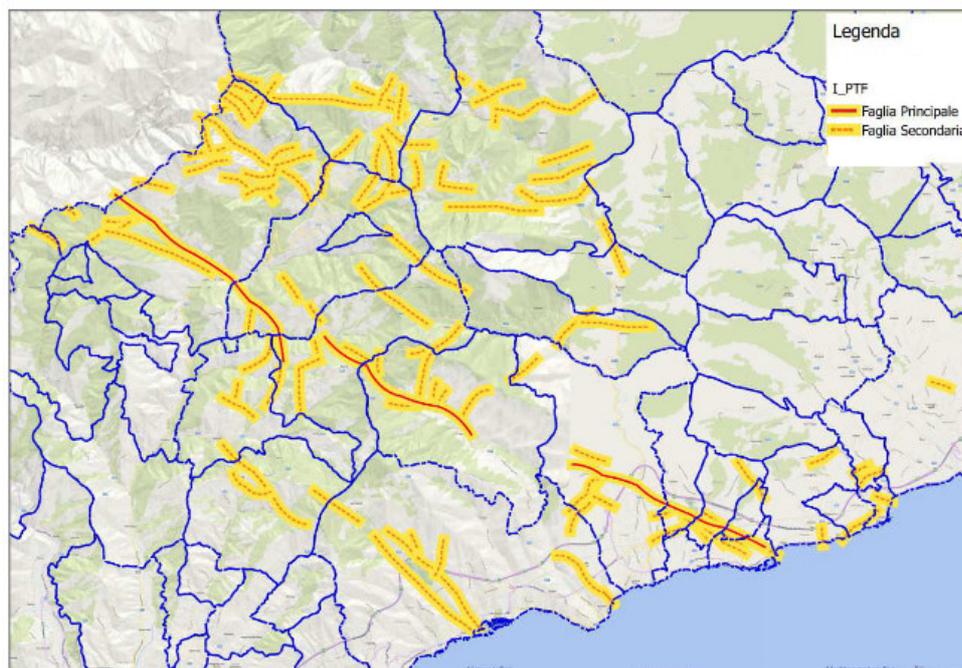


Figura 9.2.2: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) della Regione Liguria.

Infine, relativamente alle Zone Sismogenetiche della Liguria individuate dalla D.G.R. 534 del 18.06.2021 l'area oggetto di intervento non risulta interessata da faglie Attive Capaci (FAC) e neppure da Faglie Attive Potenzialmente Capaci (FPAC), la più vicina delle quali risulta essere la Zona Pigna-Taggia Fault System (cod. I_PTF) che interessa i Comuni di Santo Stefano al Mare, Terzorio, Castellaro, Pompeiana, Taggia, Ceriana, Bajardo, Castel Vittorio, Pigna e interessa, invece, solo con strutture secondarie i seguenti comuni Cipressa, Sanremo, Imperia, Badalucco, Montalto Ligure, Molini di Triora, Triora, Perinaldo, Apricale e Rocchetta Nervina.

Zona Pigna-Taggia Fault System

(zona sismogenetica I_PTF)



ID	Zone sismogenetiche	Indicata in DISS e/o ITHACA	Sismicità recente (1980 – 2018)	Condizioni preliminari per l'individuazione di una FAC	Comuni interessati (Comuni elencati in parentesi interessati solo da strutture secondarie)
1	I_PTF (Pigna-Taggia Fault system)	SI	SI - oltre 500 terremoti con M_l max - 4.1 -	<ul style="list-style-type: none"> • Terremoti storici con $M_w > 5.5$: SI (l'evento del 1887 presenta differenti ipotesi di localizzazione all'interno del CPTI; una di queste è compatibile con una struttura in terra) • Dati di Letteratura riportanti la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche: NO (non sono disponibili informazioni circa la visibilità della faglia in formazioni recenti databili) • Indicazioni in Studi MS: NON NOTO (la MS di Livello I del Comune di Pigna e di Taggia riportano Z_{FAC} derivate da Ithaca e non da studi di dettaglio) 	Santo Stefano al mare Terzorio Castellaro Pompeiana Taggia Ceriana Bajardo Castel Vittorio Pigna (Cipressa – Sanremo – Imperia – Badalucco – Montalto Ligure – Molini di Triora – Triora – Perinaldo – Apricale – Rocchetta Nervina)

Figura 9.2.3: Regione Liguria – Scheda I_PTF Pigna-Taggia Fault System.

Azione sismica

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

La pericolosità sismica è definita in termini di:

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

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

VITA NOMINALE DELL'OPERA STRUTTURALE.

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

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

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

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

CLASSI D'USO.

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

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

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

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

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

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

PERIODO DI RIFERIMENTO.

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

$$V_R = V_N * C_U$$

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

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

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

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

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO.

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

In particolare si definiscono:

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

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

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI.

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

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

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

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T^*c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in tabella 3.2.VI in funzione delle categorie topografiche precedentemente definite in relazione all'ubicazione dell'intervento.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

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

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

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

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

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

PRESCRIZIONI GENERALI

L'intervento in progetto è un intervento di nuova edificazione degli aerogeneratori afferenti il Parco Eolico Monte Moro - Guardiabella, per l'esecuzione del quale si forniscono qui le seguenti

prescrizioni operative minime, da considerarsi per tutte le opere previste nel progetto, e che dovranno essere soggette a revisione in fase esecutiva:

- tutte le opere in progetto dovranno rispettare le distanze dai corsi d'acqua come previsto dalla normativa vigente con particolare riferimento al R. D. 523/1904, al vincolo idrogeologico e relativa normativa regionale e di bacino;
- in sito dovrà essere sviluppata una corretta rete di regimazione delle acque meteoriche tale da permettere la laminazione dei deflussi e la parziale infiltrazione nel piazzale. Mentre lungo le superficie di neoformazione l'infiltrazione dovrà essere totalmente impedita al fine di mantenere inalterate le capacità tecnico-meccaniche dell'ammasso roccioso;
- non si potranno effettuare accumuli di materiale senza appositi contenimenti;
- le fondazioni dei nuovi manufatti dovranno essere opportunamente dimensionate, a seguito di indagini dirette da condursi su ogni sito di installazione per mezzo di operazioni a carotaggio con prelievo di campione, prove geotecniche di laboratorio e prove di tipo downhole/crosshole, in modo tale valutarne l'effettiva compatibilità con la situazione geologica rilevata in sito; sarà in ogni caso necessario, in fase prodromica a quella esecutiva, valutare, oltre alla tipologia delle fondazioni, la necessità di effettuare fondazioni profonde e profonde e gli eventual interventi di bonifica dei terreni mediante consolidamento e/o sostituzione;
- i plinti di fondazione con fondazioni profonde a palo dovranno essere utilizzati oltre che nelle aree spiccatamente carsiche, ogni qualvolta il crinale dovesse risultare "sottile" e ogni qualvolta le operazioni di carotaggio, da eseguirsi in fase propedeutica alla progettazione esecutiva, dovessero indicare la presenza di condizioni giaciture sfavorevoli (tipo franapoggio meno inclinato del pendio, elevata fratturazione, ecc.) non visibili in superficie e dovuti alle condizioni tettonico/deformative alle quali è stato sottoposto l'ammasso roccioso;
- preliminarmente ad ogni operazione prevista si dovranno eseguire delle attività di ispezione e controllo del sito e delle porzioni limitrofe allo stesso al fine di evidenziare e risolvere qualsiasi criticità;
- le operazioni scavo e sbancamento del versante dovranno essere svolte in modo tale da minimizzare gli eventuali distacchi di elementi lapidei alterati o terreno di ricoprimento, così come le pareti definitive di rimodellamento dovranno avere una conformazione tale da garantirne la stabilità nel tempo;
- le verifiche preliminari dovranno essere condotte sulle scarpate di neoformazione in configurazione di progetto e dovranno essere tali da permettere una scelta di una situazione stabile e conservativa dei fattori di sicurezza cautelativi;
- i distacchi di elementi lapidei e porzioni di coltre dalle superficie definitive di rimodellamento del versante, intrinseci nell'esposizione delle stesse agli atmosferici, potranno essere contenuti tramite opportune opere di contenimento (reti o altro) oppure essere evitati tramite un opportuno programma di manutenzione comprendente consolidamenti locali e disaggi da effettuarsi con cadenza temporale prefissata e ravvicinata. Tale programma di manutenzione, seppur scadenzato diversamente, dovrà essere previsto anche in caso di posa di opere di contenimento;
- le strutture di fondazione dovranno essere dotate di monitoraggio tale da verificare le previsioni progettuali e gli standard di esercizio;
- per tutte quelle opere da eseguirsi in rilevato sarà necessario provvedere ad una bonifica del sottofondo ed a costituire rilevati strutturati atti a sopportare le sollecitazioni indotte dalle strutture;
- per tutte le opere lineari e non lineari che localmente interferiranno con zone di dissesto segnalate in cartografia ed evidenti sul terreno, sarà necessario provvedere con soluzioni progettuali idonee; particolarmente tali soluzioni dovranno ridurre l'azione ipogea di eventuali deflussi di circolazione;
- le terre e rocce da scavo dovranno essere gestite ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

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

Savona, li giugno 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