Firmato digitalmente da
MATTIA LETTIERI
T = GEOLOGO
SerialNumber = TINIT-LTTMTT68M08H703R

REGIONE LIGURIA

Provincia di Savona

COMUNE DI SAVONA

IMPIANTO EOLICO "TRYNYTY 01" (2,5 MW) IN LOC. NASO DI GATTO

Relazione geologica di compatibilità idrogeologica e di modellizzazione sismica

DATA	REVISIONE
Giugno 2025	*Autorizzazione Unica - art. 9 D.Lgs 190/24*
Giugno 2025	*Verifica di assoggettabilità a VIA - art. 19 D.Lgs 152/06*

I TECNICI:
Dott. Geol Antonio Viggiano

ORDINE DEI GEOLOGI - Dr. Geol. Antonio VIGGIANO Albo N° 2397 della Regione Campania

Firmato digitalmente da
antonio viggiano
CN = viggiano antonio
SerialNumber = TINIT-VGGNTN80S02H703I
C = IT

Dott. Geol. Mattia Lettieri

ORDINE DEI GEOLOGI dr. geol. MATTIA LETTIERI Albo n. 1448 della Regione Campania

SOCIETA' PROPONENTE:
TRYNYTYT WIND S.r.l
Lungotevere dei Mellini 7
00193 Roma (RM)
C.F e P.IVA 17284761008

TRYNYTY WIND

ELABORATO

06W.AU.R.02

INDICE

1. Premessa 2
2. Individuazione geografica e cartografica dell'area 5
3. Caratterizzazione geologica e geomorfologica 7
   3.1 Inquadramento geologico generale dell'area di studio 7
   3.2 Assetto geologico locale dell'area di studio 11
   3.3 Geomorfologia e stabilità generale dell'area di studio 14
4. Caratterizzazione idrologica e idrogeologica 18
   4.1 Idrologia, idrogeologia e geologia del bacino idrografico dell'area in esame 18
   4.2 Idrologia e idrogeologia dell'area di specifico interesse 20
   4.3 Interferenza con opere di derivazione idrica e con il reticolo idrografico 21
5. Aspetti geologico-ambientali e della suscettività d'uso 22
6. Pericolosità geologica dell'area di studio 25
   6.1 Normativa di riferimento del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) 25
   6.2 Vincolo idrogeologico 29
7. Riferimenti normativi per la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica 30
8. Modello geologico e caratteristiche geotecniche preliminari dei terreni 31
   8.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni 31
9. Sismicità del territorio 33
   9.1 Classificazione sismica 33
   9.2 Normativa di riferimento 35
   9.3 Inquadramento sismo-tettonico 36
   9.4 Zonazione sismogenetica 39
   9.5 Sismicità attuale e storica di Savona 41
   9.6 Pericolosità sismica del Comune di Savona 44
10. Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica del PUC di Savona 46
11. Considerazioni tecniche e compatibilità geologica del progetto proposto 48
   11.1 Descrizione sommaria delle opere da realizzare 48
   11.2 Compatibilità idrogeologica del progetto proposto 52
12. Campagna di indagini geognostiche previste per il progetto esecutivo 55

1. Premessa

Su incarico ricevuto dalla soc. ***Trynyty Wind S.r.l.***, con sede in Roma (RM) alla via Lungotevere dei Mellini n°7, il sottoscritto geologo dott. Antonio Viggiano, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con n°2397, con studio in Postiglione (SA) alla via Canneto n°210, in collaborazione con il *geologo dott. Mattia Lettieri*, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania con n°1448, redigono la presente relazione geologica, idrogeologica, di compatibilità idrogeologica e di modellazione sismica del sito di costruzione (*DPR 328/01, art. 41; D.M. 17/01/2018, 3.2.2, 6.2.2;*) per il progetto denominato "*Parco eolico TRYNYTY 01 (2,5 MW) in località Naso di Gatto del Comune di Savona*".

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici il presente studio geologico è stato redatto secondo le seguenti disposizioni normative statali e regionali:

- Decreto Ministero LL.PP. 11 marzo 1988, "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" con relativa Circolare n. 30483 del 24 settembre 1988, per quanto non sostituito dal D.M. 14/01/2008.
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n. 3274, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», con la relativa Circolare 21/02/2019 n. 7, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".
- Autorità di Bacino del Fiume Po "*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI),* approvato con D.P.C.M. del 24/05/2001, comprensivo del P.S. 45 e del *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, con smi*.
- Regione Liguria, Deliberazione 19 novembre 2010, n. 1362, "*D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".*
- Regione Liguria, G.R. n. 216 del 17 marzo 2017 – O.P.C.M. 3519/2006, *Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*.
- Regione Liguria, G.R. n. 802 del 05 agosto 2020 - L.R. 41/2014, art.33, c.6. Adozione disciplina di tutela per i bacini padani ricadenti in Provincia di Savona e Imperia, per aree a pericolosità geomorfologica da frana.

La presente analisi fornisce un inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico dell'area oggetto di studio. Questo lavoro si prefigge, quindi, di evidenziare le possibili problematiche connesse alle condizioni di assetto idrogeologico in cui versa attualmente il territorio indagato fornendo tutti i suggerimenti necessari per eseguire le scelte tecniche

operative più idonee. L'indagine eseguita si è articolata nelle seguenti quattro fasi di studio principali:

1. *Fase preliminare*: la prima fase ha riguardato la raccolta di tutti i dati disponibili presso gli enti pubblici preposti (Comune di Savona, Autorità di Piani di bacino della provincia di Savona) e del materiale bibliografico riguardante l'area in esame.

2. *Fase conoscitiva di base*: durante la seconda fase è stato effettuato il riconoscimento dei lineamenti geologici, geomorfologici e dell'assetto strutturale della zona, dello stato idrogeologico superficiale e sotterraneo, controllo, integrazioni o aggiornamenti delle cartografie di base già redatte per la zona di studio da altri enti pubblici.

3. *Fase degli accertamenti di dettaglio*: la terza fase si è svolta prima mediante il rilevamento geologico di campagna, al fine di verificare e aggiornare con rilievi di dettaglio gli aspetti geologici e geomorfologici relativi al territorio in studio, e successivamente con l'analisi delle indagini disponibili per l'area di studio.

4. *Elaborazione dei dati*: infine si è pervenuti alla stesura della relazione geologica, idrogeologica e di modellazione sismica del sito di costruzione, che illustra le conclusioni cui si è approdati in fase di sintesi al fine di verificare la compatibilità dei lavori di progetto in relazione alla stabilità della zona ed alle condizioni di assetto idrogeologiche attualmente presenti.

L'approccio metodologico seguito nello sviluppo del presente studio è stato il seguente:

- analisi critica della documentazione scientifica e tecnica disponibile per l'area, con particolare riferimento alla bibliografia recente relativa all'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area;
- sopralluoghi interdisciplinari sui siti e negli areali circostanti, con la partecipazione dei progettisti per una verifica puntuale dell'assetto degli stessi e delle esigenze connesse al progetto proposto;
- rilievi geologico-strutturali di terreno volti all'analisi della successione litostratigrafica presente ed all'assetto strutturale dell'area;
- controllo dell'assetto geomorfologico attraverso rilievi di dettaglio sul terreno, esame della cartografia tematica disponibile;
- analisi delle indagini geognostiche pregresse (sondaggi, prove in sito, prove di laboratorio) condotte in aree limitrofe a quelle di specifico interesse;
- analisi complessiva del quadro geologico, geotecnico e idrogeologico disponibile finalizzato alla valutazione delle necessarie attività di integrazione;
- programmazione di indagini e rilievi specifici per la definizione degli aspetti geologico-strutturali, geotecnici, idrogeologici e sismici, e programmazione del nuovo Piano di indagini integrative per il progetto esecutivo;

- confronto e interscambio periodico con le altre figure professionali del gruppo di progettazione per il continuo recepimento delle esigenze conoscitive e la immediata messa a disposizione dei dati man mano emergenti;
- elaborazione del modello geologico e sismico di riferimento e interfaccia con le competenze ingegneristiche per una completa caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce e l'impostazione di condizioni al contorno adeguatamente rappresentative per le analisi di stabilità.

I contenuti della presente relazione geologica e idrogeologica, di compatibilità idrogeologica e di modellazione sismica del sito di costruzione, sono i seguenti:

- inquadramento geologico, idrogeologico e geomorfologico dell'area;
- caratterizzazione preliminare dei parametri geotecnici dei litotipi del sottosuolo in esame;
- indicazione della zona sismogenetica, della classificazione sismica regionale e della sismicità storica dell'area di studio;
- indicazione della fattibilità dell'intervento in relazione all'assetto idrogeologico della zona ed in base ai risultati ottenuti dai punti precedenti.

Per la ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico preliminare dell'area di studio, dunque, sono stati presi in considerazione i risultati di precedenti campagne di indagini geognostiche realizzate in aree limitrofe a quella in esame e su terreni appartenenti alle medesime formazioni geologiche.

Tali attività hanno permesso di ricostruire il modello geologico e sismico preliminare del sito di studio, al fine di conoscerne e studiarne il comportamento in relazione alle caratteristiche strutturali e dimensionali dell'opera di progetto.

L'insieme dei dati acquisiti, a parere degli scriventi, risulta sufficiente a riconoscere e descrivere i parametri necessari ad inquadrare la tematica trattata e consente di giungere responsabilmente al parere di competenza, in ordine all'incarico ricevuto.

2. Individuazione geografica e cartografica dell'area

Il parco eolico "TRYNYTY 01" sarà costituito da n°1 aerogeneratore da realizzarsi in località Naso di Gatto del Comune di Savona.

Su ampia scala si osserva un territorio montano con versanti ad elevate pendenze. L'organizzazione planimetrica della rete idrografica è di tipo dendritico ovvero con ramificazioni ad andamento arborescente dei segmenti fluviali di ordine via via inferiore (Fig. 1).

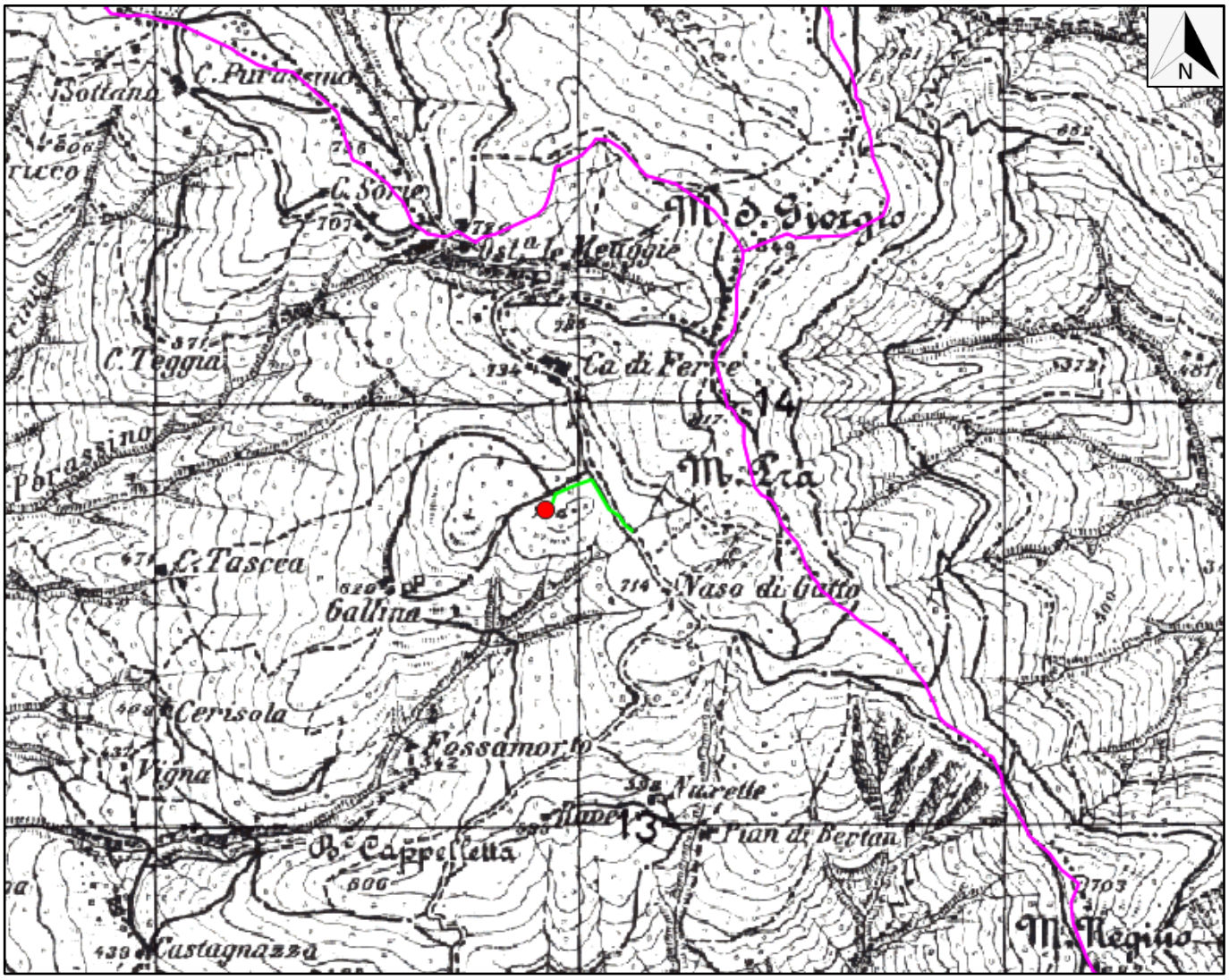


Fig. 1 – Stralcio della Carta Topografica IGM in scala 1:25.000 con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratori

= Elettrodotto di allaccio

= Limite comunale

Dal punto di vista cartografico l'area di studio è compresa nella Sezione 229012 "Monte Orme" della Carta Tecnica Regionale ligure in scala 1:5.000.

Nella seguente tabella sono indicate le coordinate geografiche della postazione del parco eolico di progetto "TRYNYTY 01" (Fig. 2).

Comune di Savona		
ID	**Latitudine**	**Longitudine**
WGT	44°22'25.13'' N	8°24'29.04'' E



Fig. 2 – Ortofoto tratta da Google Satellite con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratori

= Elettrodotto di allaccio

= Limite comunale

3. Caratterizzazione geologica e geomorfologica

3.1 Inquadramento geologico generale dell'area di studio

Successivamente alla principale fase deformativa responsabile della strutturazione delle Alpi Liguri, a partire dall'Oligocene il Bacino Terziario Piemontese si individua al margine tra le catene alpina ed appenninica, costituendo un bacino satellite nell'ambito di un complesso sistema di "avanfossa – *thrust* – area di retroarco" (Gelati & Gnaccolini, 1987/88; Boccaletti *et alii*, 1990).

L'evoluzione a scala regionale di questo settore, improntato da una complessa struttura tettonica ("nodo ligure" secondo Laubscher *et alii*, 1992) appare controllata dalla traslazione verso NO della propaggine settentrionale della crosta adriatica nel corso dell'Oligocene – Miocene inferiore. A questo si associa l'apertura di un bacino marino con crosta di tipo oceanico, il Mar Ligure, il conseguente collasso dell'area ligure-provenzale e la rotazione del blocco sardo-corso verso Est (Gelati & Gnaccolini, 2003; Gelati *et alii*, 2010).

In relazione alle fasi di attività tettonica si individua, quindi, un settore in forte subsidenza, sede di un'intensa sedimentazione (Carrapa *et alii*, 2003) dapprima in corrispondenza di singoli bacini in ambiente continentale o marino-litorale, poi interessante con modalità evolutive unitarie più estesi bacini in ambiente francamente marino.

La presenza di un ampio braccio di mare allungato da Ovest verso Est nell'area in parte corrispondente alle attuali Langhe consente la deposizione di una potente successione terrigena dapprima grossolana, poi prevalentemente pelitico-arenacea, che prosegue per tutto il Miocene, sino a raggiungere spessori massimi nell'ordine dei 5000-6000 m.

Nell'insieme l'assetto di questo cuneo clastico derivante principalmente dalla sedimentazione ad opera di correnti di torbida (Gelati & Gnaccolini, 1987/88; Giammarino, 1984) è riferibile ad un monoclinale con giacitura NE-SO ed immersione verso NO, generalmente con pendenze comprese tra 7 ÷ 15°.

Per l'area in esame riveste specifico interesse la "*Serie di Montenotte*", la cui interpretazione stratigrafica e strutturale ha subito lunghe controversie, trova la sua area-tipo nei dintorni dell'abitato di Ceva. La serie comprende: una sequenza di argilloscisti con lenti di calcari cristallini del tutto analoghi alle "argille a palombini" dell'Appennino ligure; alcuni grossi ammassi di metagabbri strettamente associati a diabasi e spiliti; sottili livelli di radiolariti e lenti di serpentinoscisti. L'assetto interno della serie è decisamente caotico e la giacitura è chiaramente alloctona sulle unità brianzonesi e piemontesi. La patria dell'origine della falda va ricercata all'interno della zona del Piemonte, nella prosecuzione versi il Monferrato dell'Appennino Ligure.

Sotto la denominazione "*Serie di Montenotte*" si raggruppano vari tipi litologici. Nell'area di specifico interesse affiorano diffusamente i "Metagabbri a diallagio, più o meno intensamente laminati, clorizzati, talora ricchi di glaucofane, con masse minori di diabasi parzialmente serpentinizzati e di spiliti, e zone prasinitiche (Pmo)" (Fig. 3).

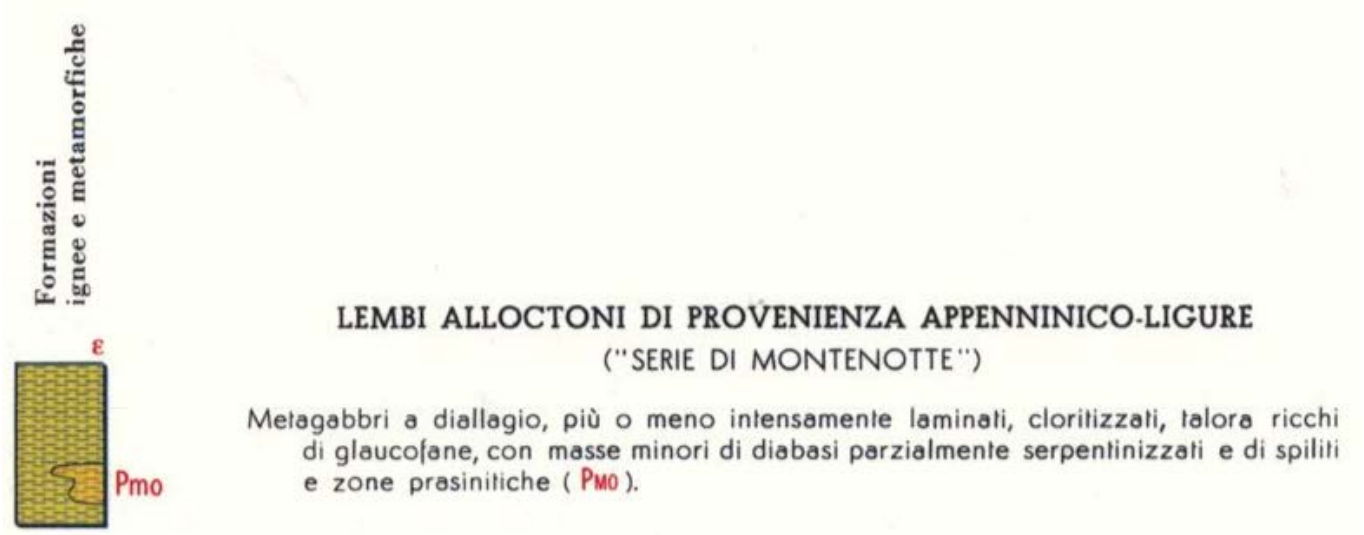


Fig. 3 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio 81 "Ceva" con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratori

= Elettrodotto di allaccio



Si tratta prevalentemente di gabbri diallagici spesso glaucofanitici e lawsonitici, a grana grossolana, verdastri; più rari i tipi microgranulari, con diallagio però ancora ben visibile. In quest'ultimo caso, al microscopio, la massa basale ha una struttura molto minuta in parte lepido-blastica, in cui sono visibili individui molto piccoli di plagioclasio oligo-clasico-andesinico fortemente deteriorati e in via di trasformazione con produzione di un fitto aggregato saussuritico.

Il diallagio può essere anche abbondante, in porfiroblasti di forma tozza e irregolare, di colore bruno-verdastro pallido. Sui bordi del minerale si manifestano talora trasformazioni in materiali disposti in aghi e fiamme tra i quali possiamo ricordare il glaucofane.

In seno alle masse gabbriche si notano talvolta corpi diabasici, non di rado parzialmente serpentinizzati, solitamente molto alterati ove si riconoscono, nella massa di fondo, relitti plagioclasici saussuritizzati.

Dal punto di vista strutturale l'unità di Montenotte costituisce una massa sovrascorsa talora sulle serpentiniti o sui calcescisti con prasiniti del "Gruppo di Voltri", talora su formazioni tipiche del Cristallino Savonese. Le rocce in questione, di grado metamorfico meno intenso di quello che ha originato i calcescisti del Gruppo di Voltri, sono costituite da ammassi basici che superano quantitativamente i litotipi paraderivati. Le trasformazioni tettono-metamorfiche sono molto frequenti: fenomeni di laminazione sono visibili ovunque, specie verso le maggiori dislocazioni; numerosi anche se localizzati i casi di serpentinizzazione. Su vaste aree si sviluppano invece in diverso grado trasformazioni del gabbro in prasinite, mentre più limitate risultano le facies anfibolitiche da esso derivate.

Dal punto di vista paleogeografico si suole suddividere il Brianzonese in tre settori, che, procedendo verso l'avampaese, prendono le qualificazioni di interno, intermedio, esterno.

Anche la serie stratigrafica viene generalmente distinta in tre parti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permo-carbonifero e copertura meso-cenozoica. Il basamento cristallino, o Massiccio Cristallino di Savona Calizzano, costituisce il maggior affioramento di rocce cristalline acide della Liguria. Esso è formato da un complesso, a metamorfismo ercino-tipo, di para ed ortogneiss e micascisti con anfiboliti, talora in masse cospicue, *e* di gneiss kinzigitici.

Il tegumento permo-carbonifero, di origine in parte vulcanica e in parte sedimentaria continentale, si interpone tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica. Le successioni permo-carbonifere presentano grande variabilità di facies e di spessore; le formazioni metamorfiche di origine sedimentaria sono rappresentate da scisti e metasedimenti di rocce di diversa origine: sedimenti quarzo-micacei, dominanti; tufiti e/o prodotti di rimaneggiamento di vulcaniti acide.

La Copertura meso-cenozoica ha inizio con la cessazione dell'attività vulcanica e l'ingressione marina e susseguente deposizione di materiali detritici molto rielaborati: quarziti in banchi di spessore variabile, depositi di spiaggia molto elaborati ricchissimi di quarzo, passanti transizionalmente a calcari e dolomie grigie di piattaforma.

La Regione Liguria avviò, ai sensi della legge regionale n.7 del 1989, la produzione di cartografia geologica con elementi di geomorfologia. Negli anni '90 furono realizzate sei tavolette sperimentali (alla scala 1:25.000) di Badalucco, Bargagli, Taggia, Savona, Vado Ligure e Varazze (Fig. 4).

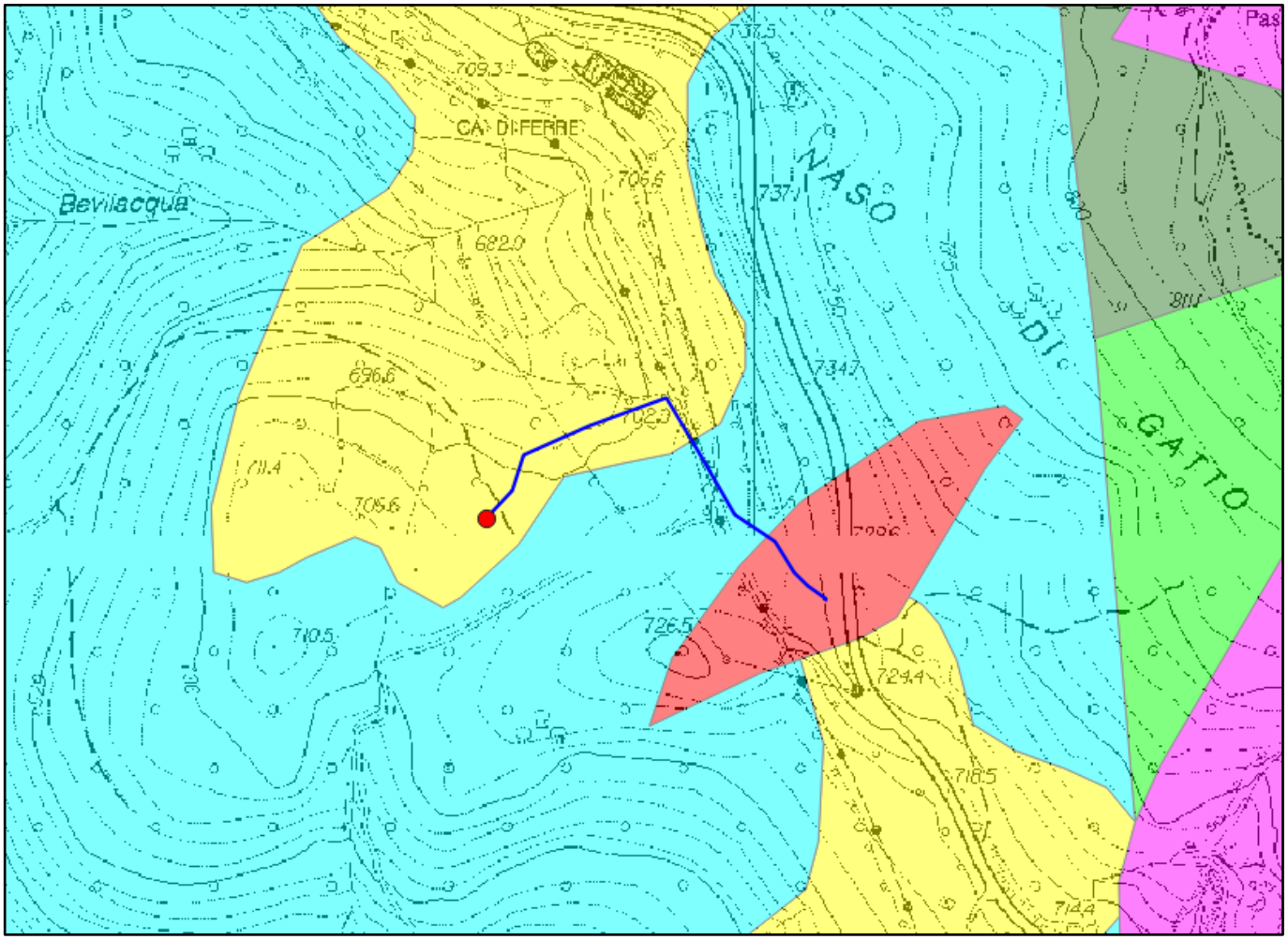


Fig. 4 - Stralcio della Carta Geologica Regionale in scala 1:25.000 Foglio "Savona" con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Calcari cristallini
Coperture sciolte
Dolomie
Filladi
Metagabbri
Metaofioliti

3.2 Assetto geologico locale dell'area di studio

Dall'analisi degli elaborati geologici allegati al PUC del Comune di Savona si evince che la geologia del territorio comunale è caratterizzata dalla presenza di 5 unità tettoniche alpine di diversa pertinenza paleogeografica (Brianzonese interna, Piemontese e Ligure-Piemontese) ricoperte in trasgressione da depositi oligocenici, pliocenici e quaternari (Formazione di Molare, Argille di Ortovero e alluvioni).

Queste sono:

1) *Unità di pertinenza Brianzonese interna: massicci cristallini delle Unità Calizzano-Savona, Bagnaschino e Tegumento Permocarbonifero.*
2) *Unità di pertinenza Piemontese e Ligure Piemontese: Unità Liassico Triassiche situate sul margine Brianzonese Interno, Unità di Montenotte.*

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche lito-stratigrafiche e petrografiche delle formazioni affioranti sul territorio in esame, passando in rassegna le Unità tettoniche secondo lo schema di sovrapposizione geometrica sopra descritto (Fig. 5).

Unità di Montenotte - Filladi

Sono rappresentati da scisti filladici e sericitici caratterizzati dallo sviluppo di minerali micacei, spesso fittamente piegati e foliettati. Sono caratterizzati dall'estrema lucentezza e dalla presenza di banchi, talora anche piuttosto potenti, di calcari cristallini.

Unità di Montenotte - Calcari cristallini

Si tratta di rocce calcaree con colore prevalente grigio, caratterizzate dalla presenza di intercalazioni ricche in fillosilicati, equivalenti metamorfici dei Calcari a Calpionelle delle serie liguridi dell'Appennino. Localmente sono presenti livelli ricchi in quarzo, che conferiscono alla roccia la classica tessitura (calcari picchiettati).

Unità di Montenotte - Metagabbri

Sono costituiti da Fe-gabbri e Mg-gabbri con filoni di basalti e brecce ofiolitiche. I Mg-gabbri sono rappresentati da troctoliti, gabbri olivinici ed eufotidi (pl-cpx gabbri) con tessitura ipidiomorfa e grana variabile da media fino a pegmatitica. I Fe-gabbri consistono invece in rocce con composizione mineralogica costituita da clinopirosseno, plagioclasio, ossidi di Fe e Ti e apatite. La tessitura è ipidiomorfa con plagioclasio e clinopirosseno sub-euedrale con minerali opachi sia interstiziali che euedrali.

Unità di Montenotte – Metaofioliti

In questa formazione rientrano serpentiniti più o meno scistose, metabasiti ad anfiboli sodici e brecce poligeniche con metamorfismo in facies di scisti blu. Le brecce possono essere di diverso tipo: ad elementi di serpentinite in cemento carbonatico, costituite prevalentemente da basalti

(brecce tipo M. Rossola), ovvero da Fegabbri (brecce tipo M. Capra), e Mg-gabbri (Brecce tipo M. Zenone). I basalti hanno strutture ofitiche e porfiriche e sono costituiti da fenocristalli di olivina e plagioclasio.

Coperture sciolte

I terreni di copertura sono rappresentati da coltri di origine e natura varia, spesso mista, detritico colluviale. La presenza di estese zone di accumulo detritico lungo i pendii è da imputare, oltreché all'acclività, al carattere litologico e strutturale delle formazioni di substrato, interessate da intensa laminazione e fratturazione che produce il crollo di blocchi di dimensioni variabili.

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse in tutta l'area e derivano dall'alterazione e disfacimento dei vari litotipi. Queste litologie, quando sono particolarmente alterate, come nei pressi di lineazioni tettoniche o contatti, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, queste coltri raggiungono anche potenze superiori ai tre metri.

Tra le coltri di spessore maggiore dominano quelle a granulometria grossolana, nelle quali la frazione clastica è immersa in una matrice non uniforme, con frequenti episodi francamente argillosi. Per ciò che riguarda la composizione delle coltri, questa dipende in massima parte dalle caratteristiche litologiche della formazione dalla quale derivano e come conseguenza dalla maturità delle stesse.

Nel corso dei secoli, dove possibile, tali coperture sono state regolarizzate con terrazzamenti agricoli che per lo più appaiono ancora in discrete condizioni anche se in genere abbandonati. Nelle aree in cui il substrato è costituito da termini granitici, da gneiss o da anfiboliti, le coltri sono di natura prevalentemente granulare, con resistenza al taglio per attrito interno o per leggera cementazione. Su tali litotipi, comunque, fatte salve le fasce pedemontane dei versanti o zone a bande cataclasate, le coltri sono in genere di spessore modesto.

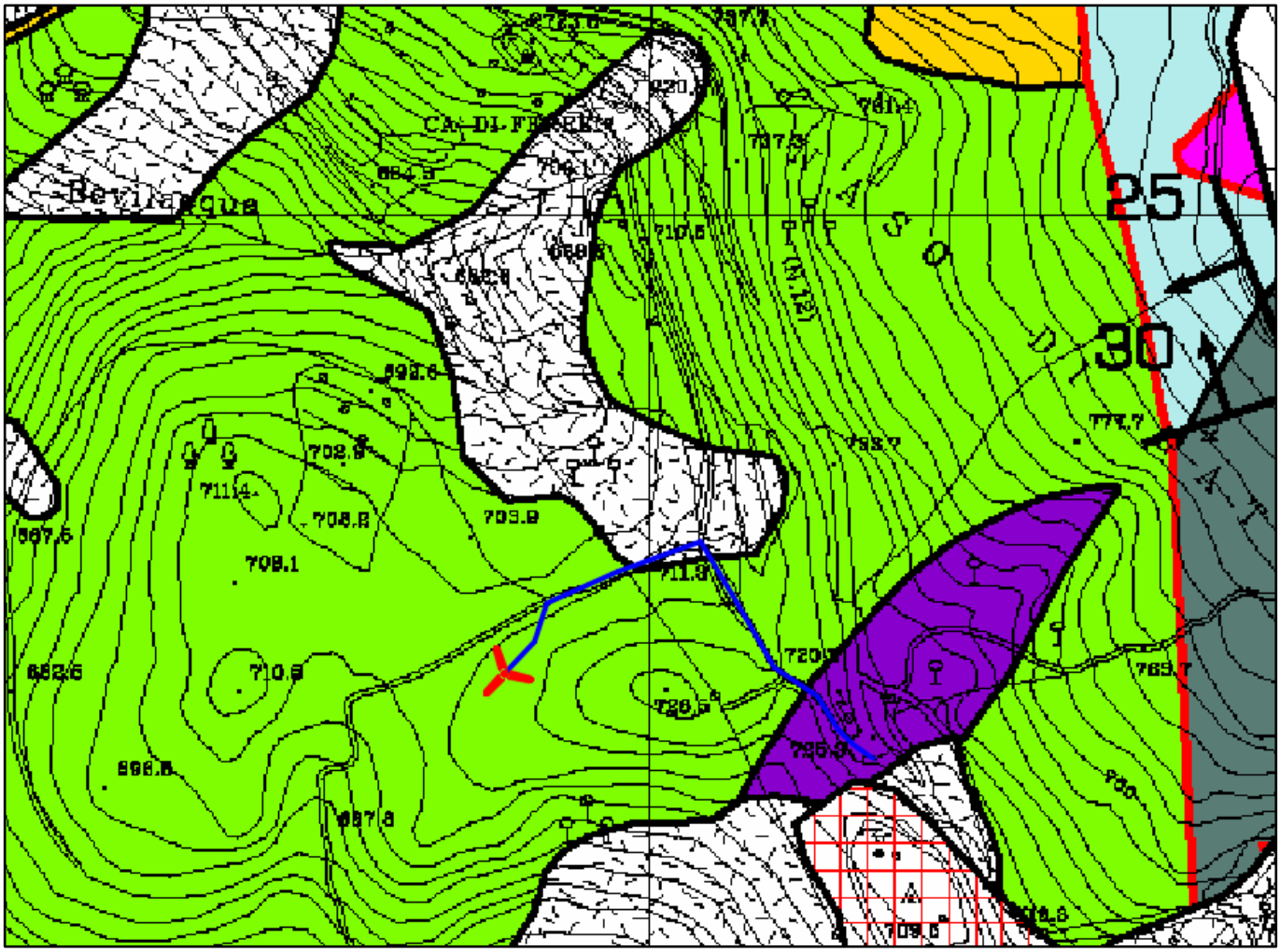


Fig. 16 - Stralcio della Carta geologica con elementi di tettonica del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

QUATERNARIO

Coperture sciolte (coltri detritiche ed eluvio-colluviali di spessore > 3 m)

PLIOCENE - OLIGOCENE

FORMAZIONE DI MOLARE. Conglomerati poligenici, con ciottoli di varia dimensione, in bancate potenti localmente alternati a livelli arenacei e marnosi.

DOMINIO PIEMONTESE - LIGURE
Unità di Montenotte

FILLADI. Scisti filladici e sericitici caratterizzati dallo sviluppo di minerali micacei, spesso fittamente piegati e foliettati

CALCARI CRISTALLINI. Calcari con colore prevalente grigio, caratterizzati dalla presenza di intercalazioni ricche in fillosilicati. Localmente sono presenti livelli ricchi in quarzo, che conferiscono alla roccia la classica tessitura (calcari picchiettati).

METAGABBRI. Fe-gabbri e Mg-gabbri con filoni di basalti e brecce ofiolitiche.

METAOFIOLITI. Serpentiniti più o meno scistose, metabasiti ad anfiboli sodici e brecce poligeniche con metamorfismo in facies di scisti blu.

3.3 Geomorfologia e stabilità generale dell'area di studio

Il territorio interessato dall'intervento di realizzazione del parco eolico è posto ad una quopta di circa 726 m s.l.m. e si colloca in una zona di alto morfologico appena ad ovest del crinale funge da spartiacque tra il bacino idrografico del Torrente Sansobbia e quello del Torrente Letimbro.

Il settore di versante ove sarà realizzato l'aerogeneratore coincide con la zona di un crinale caratterizzato da un profilo ondulato piuttosto articolato, per la fitta alternanza di piccole valli, dorsi collinari e fasce di raccordo, relative ad un reticolato idrografico di tipo giovanile, ancora in rapida evoluzione. L'acclività generale dei luoghi risulta compresa entro un grado medio-basso, che tende comunque ad aumentare scendendo lungo i versanti; infatti il crinale è discretamente ampio, con pendenza limitata sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale tanto che in questa direzione, localmente, essa risulta a tratti subpianeggiante.

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi affioranti. Infatti, la diversa natura dei litotipi affioranti nell'area presa in esame, si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni. Per cui la topografia presenta un andamento piuttosto variabile con cambiamenti di pendenze nel raggio di centinaia di metri. Le acque superficiali vengono regimate dai numerosi impluvi naturali, che trovano origine lungo i pendii. La notevole pendenza dei versanti, unitamente alla presenza di numerosi rii naturali, ha permesso di modellare i versanti, dando origine ad una morfologia marcata da erosioni torrentizie ad andamento all'incirca rettilineo ed a breve sviluppo lineare. Le pendenze delle varie aste torrentizie risultano molto acclivi con scarso deflusso a carattere stagionale.

L'andamento e gli spessori della coltre superficiale sono condizionati dall'andamento del substrato roccioso, dalla pendenza del versante e dal suo posizionamento rispetto al crinale. Le coperture sciolte, rappresentate per lo più dai prodotti della detrizione del substrato, sono a granulometria medio-grossolana e di spessore variabile, in genere di spessore fino a 3,0 m circa.

Si tratta di coperture eluvio-colluviali di detrizione e alterazione del substrato cristallino, con grossi clasti e scaglie e elementi di minori dimensioni, centimetrici, a spigoli vivi, immersi in una matrice sabbioso-limosa. Il passaggio al substrato roccioso è abbastanza netto, con un livello di roccia alterata e fratturata abbastanza sottile (Fig. 6).

Le aree che saranno coinvolte direttamente dall'aerogeneratore dell'impianto eolico di progetto e dall'elettrodotto di allaccio, dunque, non sono interessate da fenomeni franosi in atto (Fig. 7).

Nella "*Carta della predisposizione al dissesto*" del PUC di Savona, che individua diverse tipologie di vulnerabilità o di predisposizione al dissesto, stimate in tre fasce di valori, assimilabili ai concetti qualitativi di bassa (o minima), media e alta (o massima) predisposizione al dissesto, a cui si aggiungono due gruppi di condizioni o casi particolari (terrazzi, crinali e altre strutture geomorfologiche delicate e intensamente antropizzate: classe IV; rilevati, discariche, cave e altre forme di ingente modificazione antropica dell'assetto morfologico originario: classe V), l'area di sedime dell'aerogeneratore ricade nella classe IV (Fig. 8).

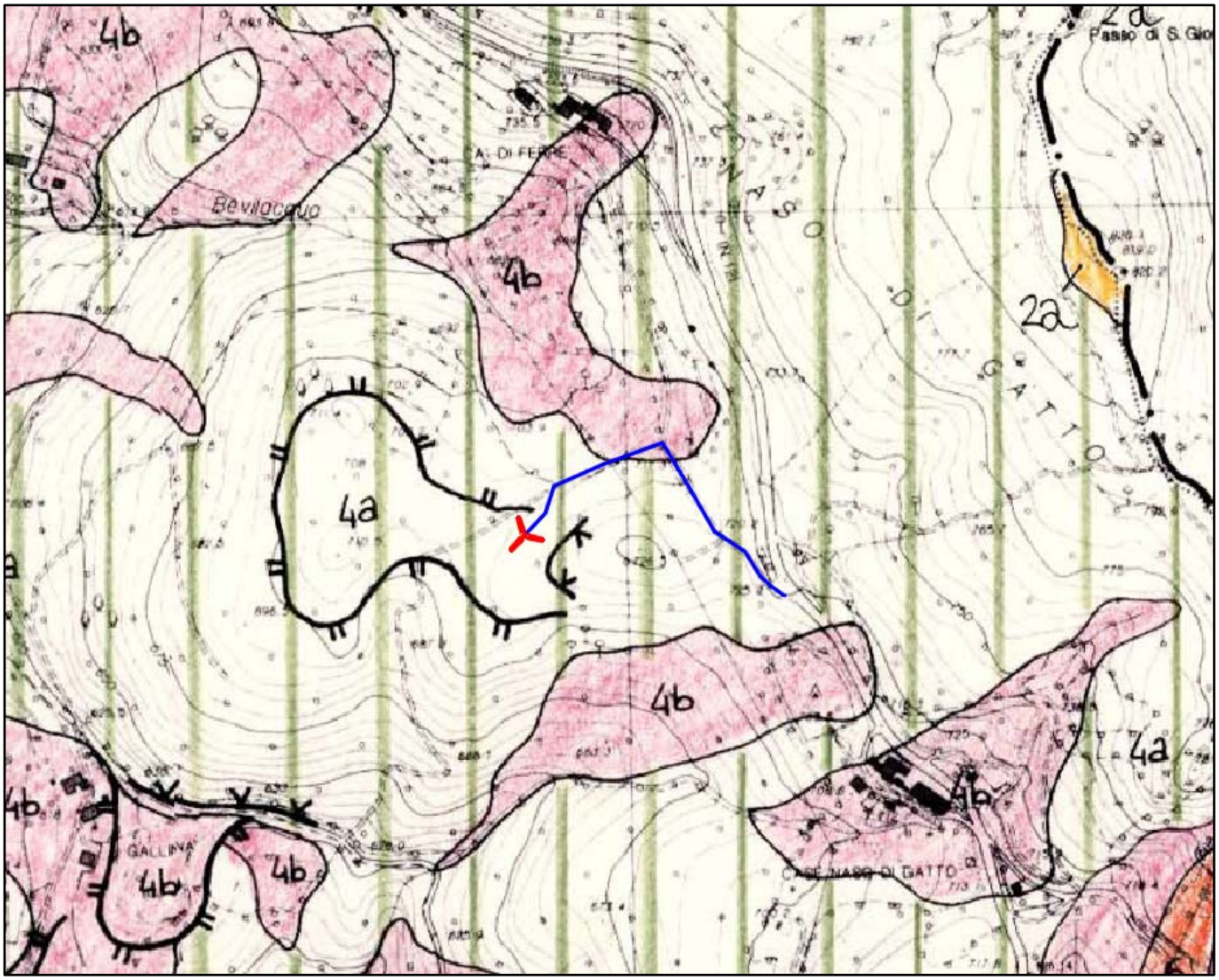


Fig. 6 - Stralcio della Carta geomorfologica del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

a
b

4. Coltri incoerenti e semicoerenti di spessore sottile (< 1m) e medie (fino a 3m circa) di origine e natura varia, spesso mista detritico-colluviale, meno frequentemente eluviale (a); coltri incoerenti di spessore medio (>2<4m) ed elevato (>3÷4m) di origine e natura varie, spesso detritico-colluviali, o :.ancamente colluviali o francamente detritiche (b)

orli di terrazzo

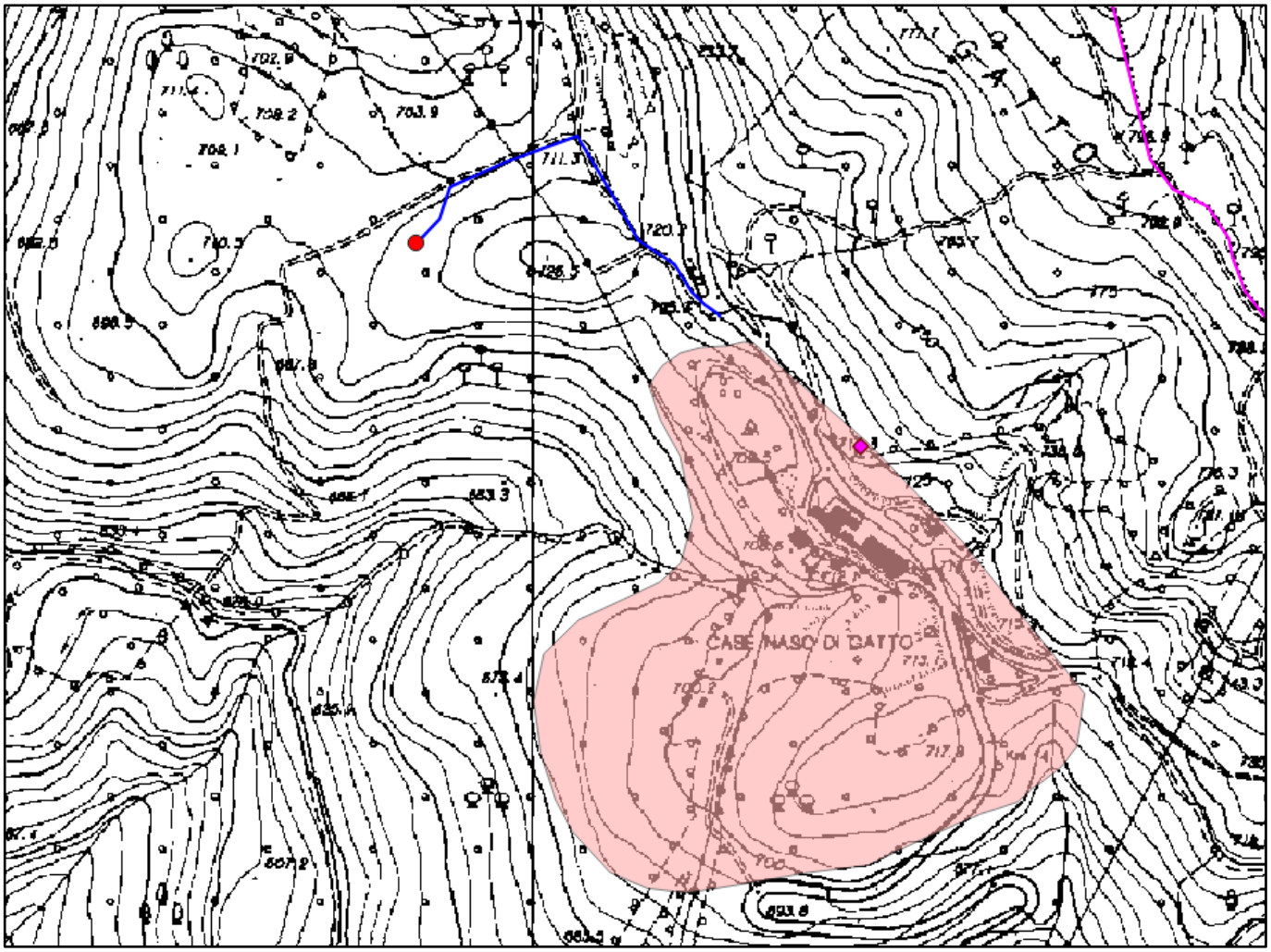


Fig. 7 - Stralcio della Carta inventario dei fenomeni franosi con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Perimetrazione frana

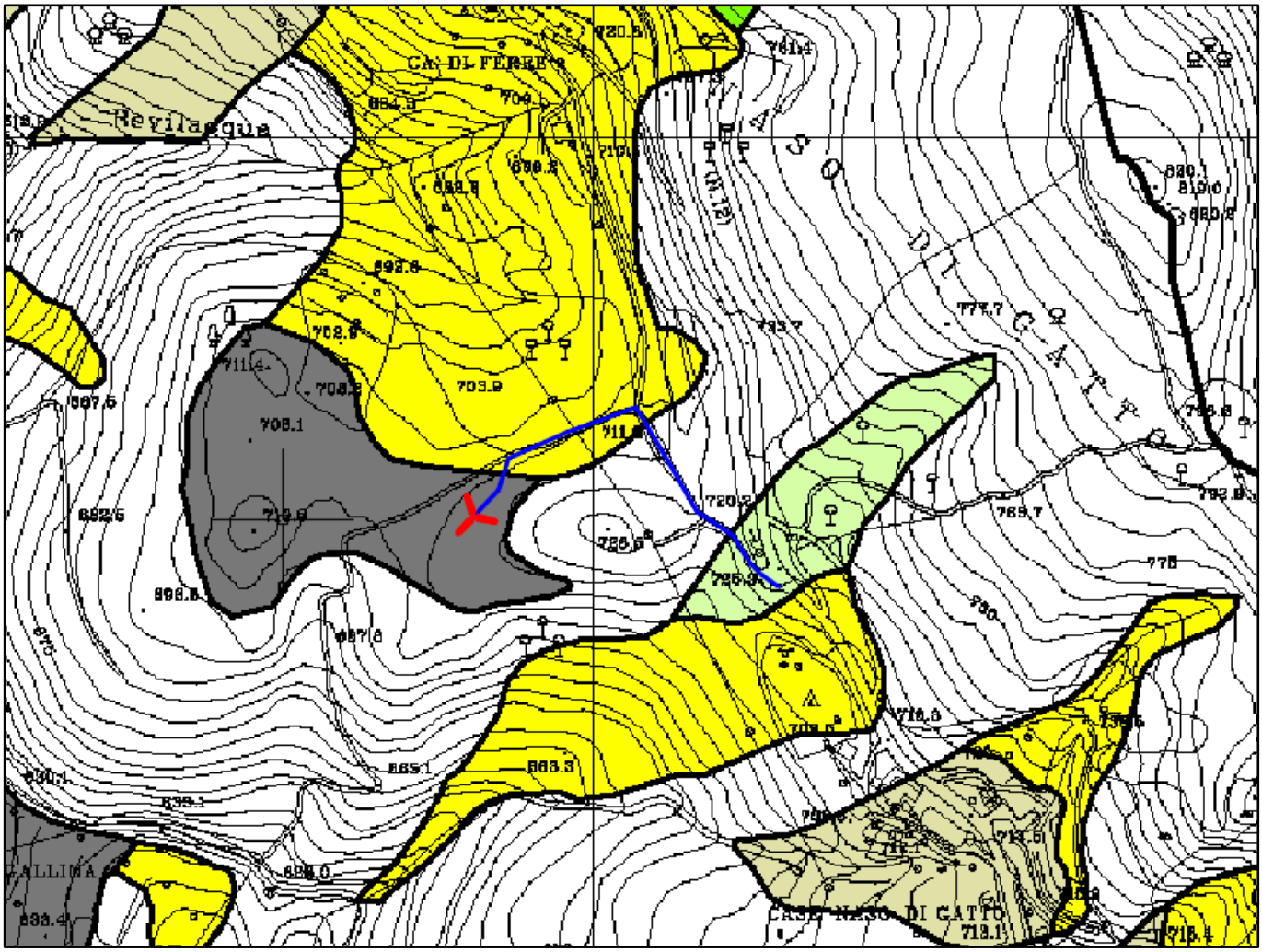


Fig. 8 - Stralcio della Carta della predisposizione al dissesto del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

A - Pericolosità minima

B - Pericolosità media

C - Pericolosità alta

Imi	Ime	Ima	I. Pericolosità paesistica geologico geomorfologica con prevalente coinvolgimento del substrato roccioso
IImi	IIme	IIma	II. Pericolosità paesistica geologico-geomorfologico-idrogeologica con prevalente coinvolgimento delle coperture incoerenti e dei corpi geomorfologici
	IV		IV. Pericolosità paesistica geologica in ambiti particolari

4. Caratterizzazione idrologica e idrogeologica

4.1 Idrologia, idrogeologia e geologia del bacino idrografico dell'area in esame

L'area di studio ricade nel bacino idrografico del Torrente Letimbro e si sviluppa poco ad ovest dello spartiacque che divide il citato bacino dal bacino idrografico del Torrente Sansobbia (Fig. 9).

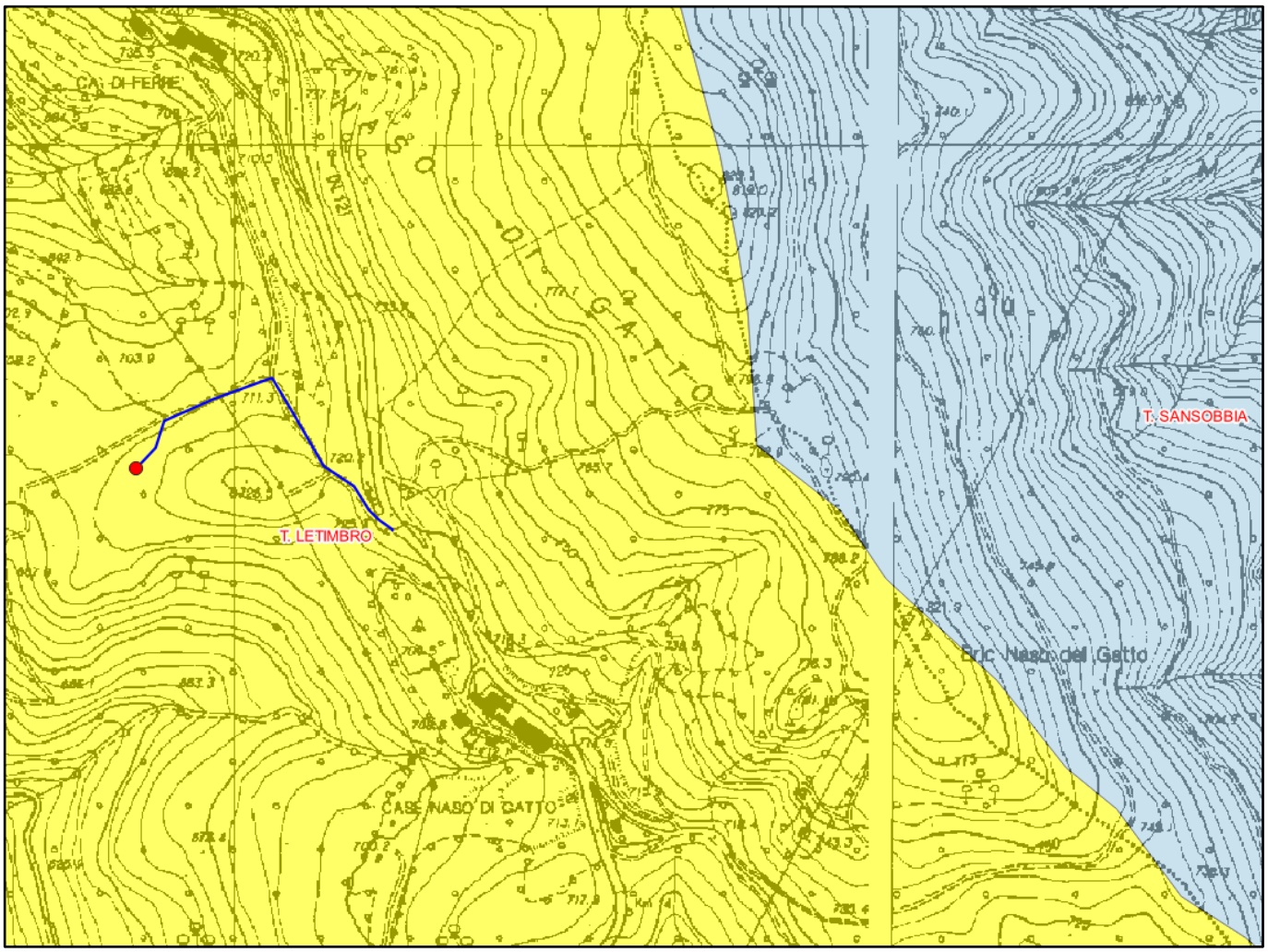


Fig. 9 - Stralcio della Carta dei bacini idrografici con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Il bacino idrografico del Torrente Letimbro fa parte dell'ambito di bacino Regionale n. 11-12 (Ambito di Levante della Provincia di Savona) ed è situato nel territorio amministrativo del Comune di Savona e in parte nel Comune di Altare (0,41 Kmq). La superficie del bacino del T. Letimbro è pari a circa 52 Kmq; si tratta perciò di un bacino di dimensioni significative, particolarmente acclive

(classi di acclività prevalenti dal 35% al 75%), caratterizzato da una forma vagamente rettangolare, che si restringe nella porzione terminale, con orientazione grosso modo WNW-ESE.

Il bacino del T. Letimbro confina a Nord con il bacino del T.Erro, ad Est con quello del T.Sansobbia e del Rio Podestà, a Sud e Sud-Ovest con i bacini del Rio S. Cristoforo, del Rio Molinero, e del T. Quiliano, ad Ovest con il bacino del Fiume Bormida di Mallare.

Il torrente nasce all'estremità occidentale del bacino, dal versante sottostante la località Chiappe di Altare, ad una quota di circa 482 m s.l.m., laddove nasce il suo ramo alto più importante, il Rio Albergo (la tradizione popolare lo fa nascere dal M. Porcheria, più ad Est, a q. 484.5, ma si tratta solo di un tributario laterale).

La zona di testata del bacino, che dà origine al corso d'acqua principale, si sviluppa lungo i versanti di SE della dorsale Palazzo Cappa-Sella di Altare, articolandosi in alcuni rami di cui i principali sono il Rio Lodo ed il Rio Albergo; essi danno origine al Rio della Miniera, denominazione antica del tratto alto dei T. Letimbro. Poco più a valle, provenendo da nord, confluisce in quest'ultimo il Rio Canova. A parte il T. Lavanestro, di cui si dirà tra poco, altri tributari di importanza significativa del Letimbro sono il Rio Acquabona, il Rio Loriano, Il Rio Pizzuta, il Rio Marmorassi ed il Rio Repusseno, tutti tributari di sinistra, mentre in sponda destra non se ne individuano di particolarmente rilevanti.

Le pendenze dell'asta principale sono in genere relativamente poco accentuate, fatta salva ovviamente la zona di testata del bacino; alcuni incrementi di pendenza si hanno nei tratti tra la loc. Isola e la loc. Acquabona e tra la loc. Riborgo e Lavagnola. A partire da quest'ultima località si apre la piana alluvionale terminale nella quale il torrente, in funzione delle arginature e delle rettificazioni d'alveo, assume un andamento pressochè rettilineo fino alla foce.

Il T.Lavanestro non presenta di fatto tributari laterali di una certa rilevanza; le pendenze del suo letto sono in genere accentuate, fatta eccezione per il tratto in attraversamento della zona della frazione Montemoro. Esso confluisce poi nel Letimbro poco a valle della frazione Lavagnola.

Il bacino è caratterizzato geologicamente da una discreta percentuale di substrato affiorante e/o subaffiorante e dalla presenza di un elevato numero di litologie. Le formazioni affioranti nel bacino appartengono tettonicamente a diverse unità:

- l'unità di *Pamparato-Murialdo*, comprendente la Formazione di Murialdo;
- l'unità *Calizzano-Savona*, comprendente la formazione del Cristallino del Savonese;
- l'unità di *Bagnaschino*, a cui sono ascritti anfiboliti e gneiss;
- l'unità di *Montenotte*, che comprende filladi, calcari, diaspri, metagabbri e metaofioliti.

Sono inoltre presenti limitati affioramenti di dolomie triassiche, e più estese aree caratterizzate dalle coperture pre-quaternarie, rappresentate da conglomerati appartenenti alla Formazione di Molare e da depositi pliocenici (Argille di Ortovero), oltre ai depositi quaternari alluvionali, fluviali e marini.

4.2 Idrologia e idrogeologia dell'area di specifico interesse

Dal punto di vista della permeabilità dei terreni dell'area di studio, le aree di affioramento della maggior parte delle formazioni rocciose possono essere considerate permeabili per fratturazione e/o fessurazione. Le coltri di copertura sono, invece, per loro natura, permeabili per porosità, così come i grandi accumuli detritici, quali le paleofrane.

La maggiore estensione dell'area esaminata corrisponde, dunque, a quella delle rocce permeabili per fratturazione, anche se la complessità geologica e geomorfologica dei luoghi porta ad una frammentazione delle aree con conseguenti frequenti variazioni laterali di permeabilità, soprattutto in prossimità della superficie topografica, dove la presenza diffusa di coltri o di alluvioni interrompe le più ampie zone a permeabilità generalmente più bassa.

Nell'area d'intervento è presente un reticolo idrografico di tipo giovanile, caratterizzato da una notevole gerarchizzazione pur all'interno di un areale limitato. Il drenaggio delle acque è riconducibile essenzialmente alle precipitazioni zenitali ed avviene di norma per infiltrazione nel sottosuolo o per ruscellamento superficiale diffuso e/o concentrato. Il reticolo idrografico è rappresentato da numerose piccole incisioni contraddistinte da profilo di fondo generalmente ripido e percorse da deflussi a carattere non perenne.

Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da regimi dei deflussi tipicamente torrentizi con riattivazioni improvvise, talora accompagnate da violenta attività erosiva, a causa delle pendenze mediamente elevate dei pendii e delle dimensioni relativamente piccole dei bacini imbriferi.

L'impianto eolico di progetto non interferisce con il reticolo idrografico locale. Per la sua collocazione sulle creste dei rilievi collinari principali, la superficie delle aree imbrifere scolanti da monte risulta molto limitata. La regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, per gli scopi progettuali, comporta solo modesti interventi a carattere puntuale di raccolta e convogliamento delle acque di superficie.

Nel settore d'intervento, che si sviluppa in corrispondenza di una dorsale collinare, l'assetto morfologico risulta complessivamente poco favorevole all'esistenza di un'importante circolazione idrica sotterranea. In considerazione dello spessore ridotto o molto ridotto della coltre di terreni di copertura, le eventuali acque di percolazione presenti in questo settore circolerebbero superiormente al contatto tra substrato roccioso e copertura e, più limitatamente, nell'ammasso roccioso la cui permeabilità, mediamente bassa, varia in funzione del grado di fratturazione.

Nel corso dei rilevamenti di campagna eseguiti, non è stata rilevata la presenza di sorgenti sui pendii in un intorno significativo delle aree d'intervento.

In base a quanto riportato negli elaborati relativi alle indagini geologiche degli strumenti urbanistici del Comune di Savona, non è altresì segnalata la presenza di sorgenti o di emergenze idrica captate o non captate.

Tenuto conto dell'assetto morfologico e della profondità ridotta degli scavi previsti in progetto, è presumibile che gli interventi in progetto comportino interferenze limitate o assenti con il circuito idrico e/o la zona di alimentazione e ricarica.

4.3 Interferenza con opere di derivazione idrica e con il reticolo idrografico

Il livello informativo utilizzato per la verifica di questa interferenza e quello della cartografia del reticolo idrografico della Regione Liguria, approvata ai sensi dell'art. 91 della l.r. 18/1999, con DGR 1280/2023 e che costituisce il nuovo riferimento cartografico univoco a livello regionale.

Dall'esame dei dati le opere in progetto non interferiscono con il reticolo idrografico e non sembrano sussistere interferenze con le derivazioni idriche (Fig. 10).

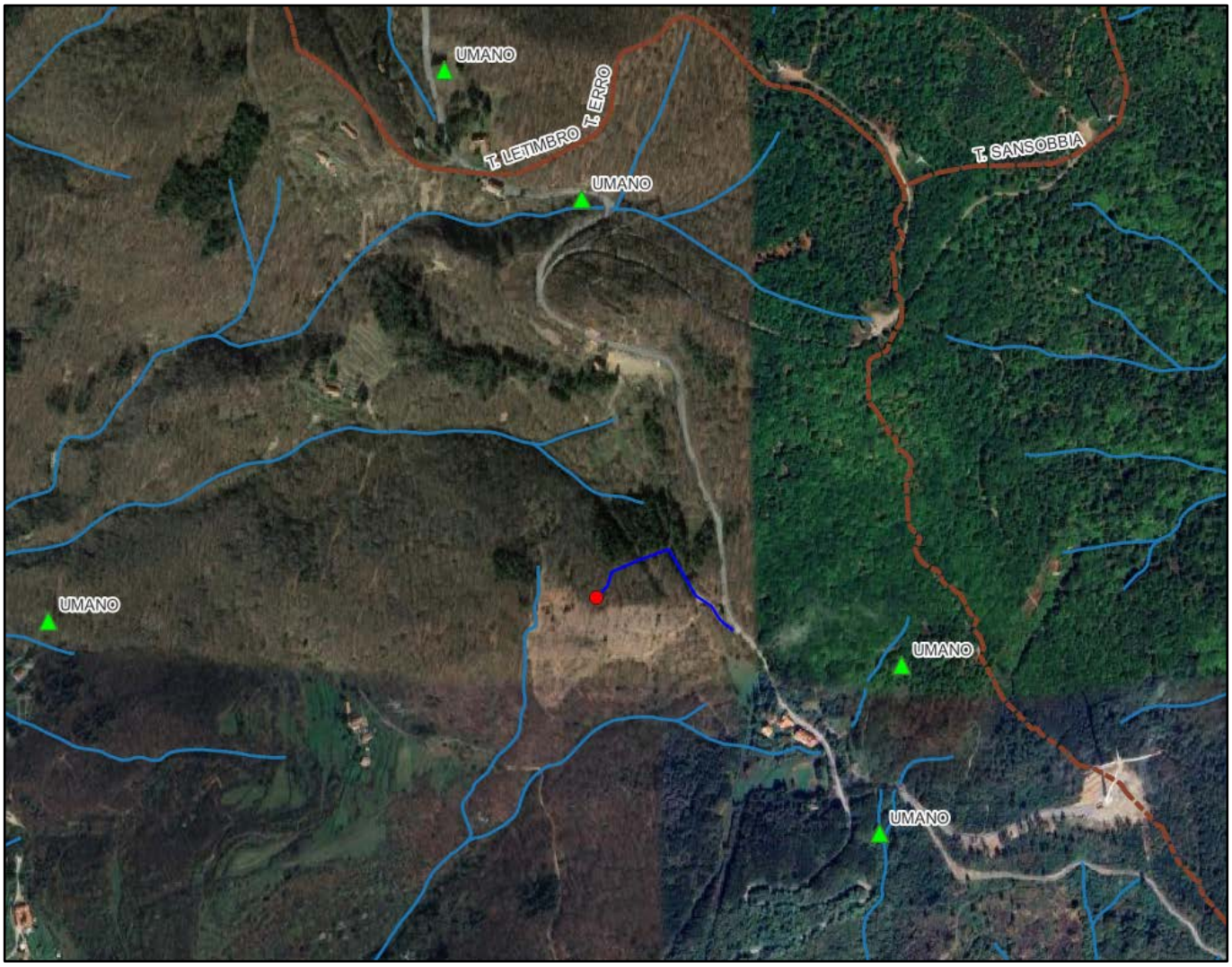


Fig. 10 – Reticolo idrografico e posizione delle derivazioni idriche con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Bacini_idrografici

Piccole_Derivazioni

Reticolo_idrografico

5. Aspetti geologico-ambientali e della suscettività d'uso

Come esposto nei paragrafi precedenti, il substrato geologico del parco eolico di progetto è costituito da "*metaofioliti*" appartenenti all'Unità di Montenotte. In questa formazione rientrano serpentiniti più o meno scistose, metabasiti ad anfiboli sodici e brecce poligeniche con metamorfismo in facies di scisti blu.

I sopraluoghi effettuati hanno permesso di osservare che i substrati rocciosi così definiti risultano sottoposti ad una coltre di terreni di natura detritico-colluviale di spessore variabile che può superare anche i tre metri, classificabile geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

Le metaofioliti sono formazioni che possono contenere amianto naturale talvolta in concentrazioni superiori ai limiti di legge (1000 mg/kg; D.L.152 del 03/04/2006). La presenza, la distribuzione e la concentrazione di minerali classificabili come amianto (non tanto quanto crisotilo, tipico delle rocce serpentinitiche qui assenti, quanto della crocidolite, della amosite e di altri silicati a doppia catena tipici degli anfiboli) in questi litotipi non è ubiquitaria e risulta estremamente variabile, essendo principalmente controllata dalle strutture legate alle deformazioni fragili locali e regionali.

Analogamente a quanto succede per le rocce serpentinitiche anche in quelle anfibolitiche, l'amianto naturale", nelle zone deformate, tende a concentrarsi entro sistemi di fratture e microfratture sia estensionali che di taglio, fino a rappresentare il serpentino prevalente e talvolta esclusivo. In questo caso, queste superficie di debolezza meccanica possono determinare il rilascio di fibre e una loro dispersione nell'ambiente, sia durante eventuali attività di scavo sia a seguito di processi erosivi naturali. Le stesse considerazioni relative alla possibile presenza di "amianto naturale" possono essere effettuate anche per i sedimenti e per le coltri di copertura direttamente derivanti da litologie anfibolitiche.

L'osservazione della carta delle "*Pietre Verdi*" della Regione Liguria ha escluso che l'area di sedime dell'aerogeneratore di progetto ricada in settori interessati da presenza di amianto naturale, ad eccezione di un tratto dell'elettrodotto di allaccio (Fig. 11).

Ciò nonostante, in via cautelativa, si prevede di svolgere le necessarie analisi di laboratorio in modo da escludere la presenza di amianto che superi i limiti di normativa.

Nella "Carta di zonizzazione e suscettività d'uso del territorio" del PUC di Savona, che rappresenta una carta dell'utilizzazione pratica dello Strumento Urbanistico, nella quale il territorio è stato zonizzato in funzione delle sue suscettività geologiche d'uso complessive, ossia geologico-geomorfologiche, geologico-tecniche, idrogeologiche, l'aerogeneratore di progetto ricade nella zona "*A1 – Aree con ampia gamma di suscettività d'uso: senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto*", mentre l'elettrodotto di allaccio ricade sia in zona "*A*" che in zona "*B1 – Aree con suscettività d'uso condizionate: con condizioni d'ordine geologico eliminabili con interventi di piccola e media difficoltà e onerosità*" (Fig. 12).

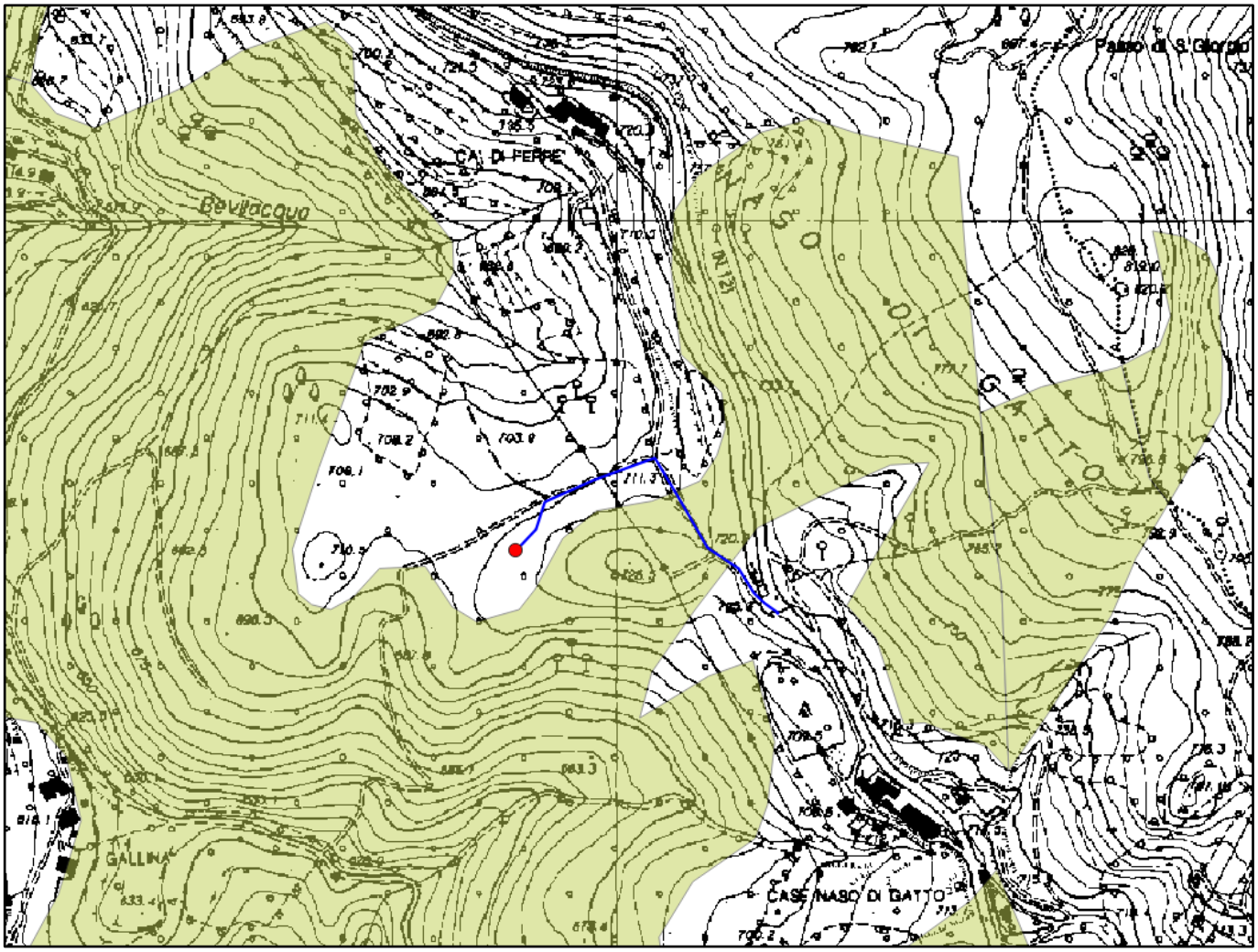


Fig. 11 - Stralcio della Carta delle Pietre Verdi della Regione Liguria con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Pietre verdi

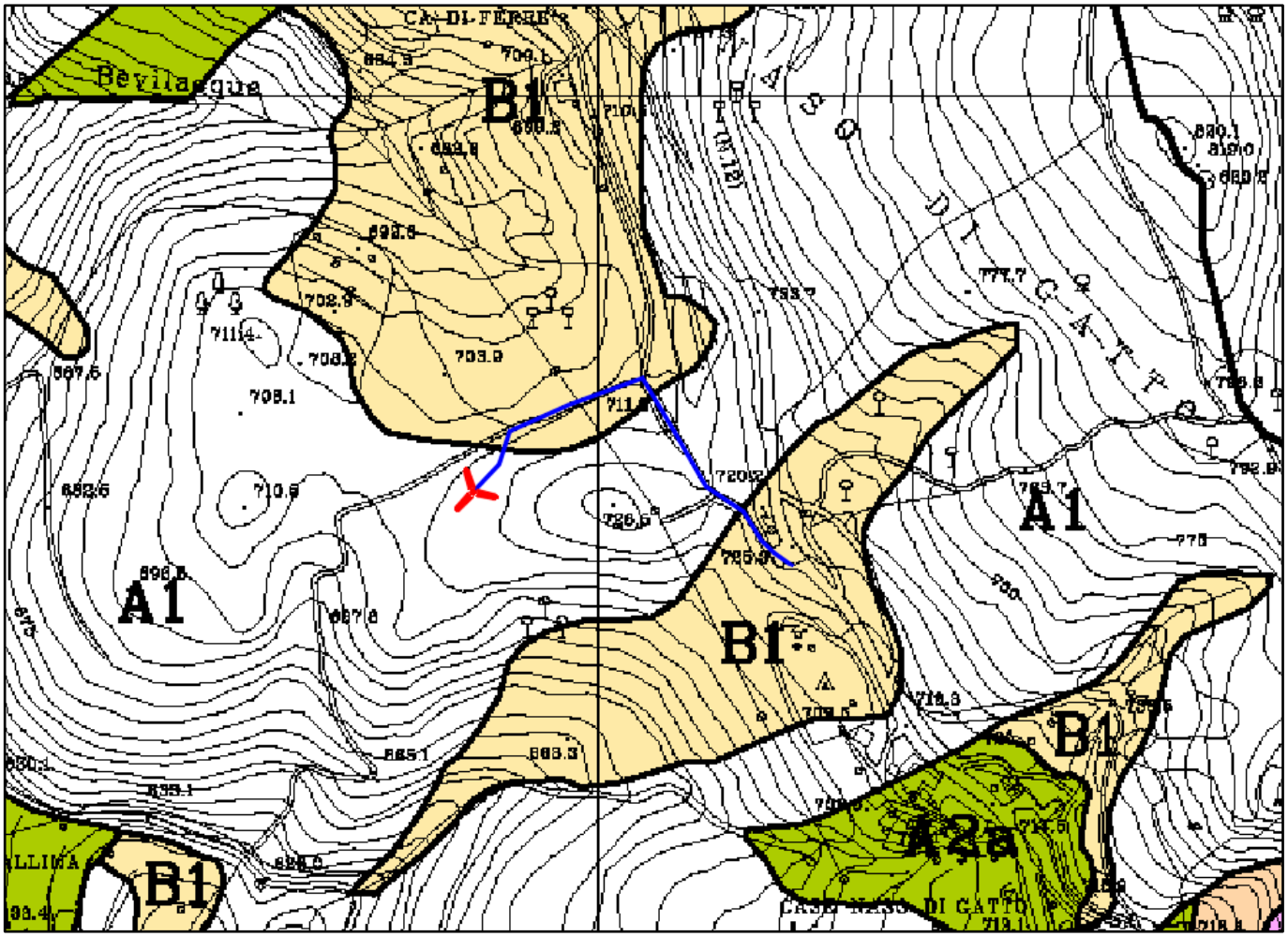


Fig. 12 - Stralcio della Carta di zonizzazione geologica e di suscettività d'uso del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore = Elettrodotto di allaccio

A. AREE CON AMPIA GAMMA DI SUSCETTIVITA' D'USO

A1

A 1 Senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto
(rif.: n.i., § 5.1.1.; N., Capo IV, §. 1.1.)

A2a
A2b
A2b*
A2c

A 2 Con limitati condizionamenti d'ordine geologico-geomorfologico, per interventi mediamente o particolarmente incidenti sull'attuale assetto in aree di tessuto urbano compatto e nei centri minori (A2a); o per presumibili problemi di tipo geotecnico (A2b) e geomeccanico-idrogeologico (A2b*); con necessità di particolari cautele per le presistenze edilizie circostanti (A2c)
(rif.: n.i., § 5.1.2.; N., Capo IV, §. 1.2.)

B. AREE CON SUSCETTIVITA' D'USO CONDIZIONATE

B1
B1'
B1*

B 1 Con condizionamenti d'ordine geologico eliminabili con interventi di piccola e media difficoltà e onerosità (B1); con necessità di particolari cautele in zone urbanizzate e nei centri minori per le presistenze urbanistiche (B1'); e per condizioni di esondabilità (B1*)
(rif.: n.i., § 5.2.1.; N., §. 2.1.)

6. Pericolosità geologica dell'area di studio

6.1 Normativa di riferimento del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Con deliberazione **n. 39 del 28 marzo 2024**, la Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale dell' Appennino Settentrionale ha adottato, ai sensi degli articoli 66,67 e 68 del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, il "Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (**PAI dissesti**). Il PAI dissesti contiene una disciplina unica applicabile all'intero territorio distrettuale e un quadro della pericolosità geomorfologica omogeneo e aggiornato, anche sotto il profilo delle classi di pericolosità, alla scala dell'intero territorio distrettuale.

Contestualmente all'adozione del PAI dissesti, al fine di garantire un'adeguata tutela del territorio e disciplinare il periodo transitorio nelle more dell'approvazione del PAI, con **deliberazione n. 40 del 28 marzo 2024**, la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato, ai sensi degli articoli 65 comma 7 e 8 e 67 comma 1 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, **specifiche misure di salvaguardia**.

Tali misure sono entrate in vigore, per l'intero territorio distrettuale, il giorno 8 aprile 2024, data di pubblicazione dell'avviso di adozione sulla Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana e resteranno in vigore fino all'approvazione del PAI dissesti che avverrà con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri ai sensi dell'art. 57 del d.lgs. 152/2006 ed alla conseguente pubblicazione del D.P.C.M. sulla Gazzetta Ufficiale e, comunque, per un periodo non superiore a tre anni.

In data **01/01/2024** è entrata in vigore la legge regionale 28 dicembre 2023, n. 20, recante "Disposizioni collegate alla legge di stabilità della Regione Liguria per l'anno finanziario 2024 (Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2024-2026", che all'articolo 75 prevede: "*1. Nelle more dell'entrata in vigore del regolamento previsto dall'articolo 91, comma 1 ter 2, della l.r. 18/1999, entro il **31 dicembre 2024*** [termine così modificato dall'art. 4 della l.r. 8/2024]*, ai fini di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA).*"

Con la suddetta norma, considerato che l'iter di approvazione del Regolamento Regionale previsto dall'art. 91 c. 1 ter 2 della L.R. 18/1999 recante le disposizioni concernenti l'attuazione del **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni** (nel seguito PGRA) del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per le aree a pericolosità da alluvione fluviale e costiera è ancora in corso, si è pertanto stabilita, medio tempore, quale disposizione attuativa del PGRA nel settore urbanistico ai sensi dell'art. 65 del d.lgs. 152/2006, una disciplina regionale vincolistica di tutela rispetto alla pericolosità idraulica.

In particolare con tale disposizione il legislatore regionale ha inteso, nelle more dell'approvazione del citato regolamento, prevedere in via transitoria una prima normativa di attuazione del PGRA sotto il profilo urbanistico di competenza regionale ai sensi dell'articolo 65

del D.lgs. n. 152/2006, mutuandone i contenuti dalle previgenti disposizioni dei piani di bacino delle soppresse autorità di bacino regionale ed interregionale del Fiume Magra al fine di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico in continuità con il regime previgente.

Con riferimento al *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)* è stata verificata la classificazione dell'area nei confronti delle condizioni di rischio geomorfologico e idraulico.

L'esame della *Carta della suscettività al dissesto dei versanti (CSDV)* e della *Carta del rischio geomorfologico* dei Piani di bacino della Provincia di Savona, in scala 1:10.000, ha consentito di verificare che il settore di territorio in esame non risulta interessato da fenomeni di dissesto, in atto o potenziali, di natura gravitativa o riferibili alla dinamica del reticolo idrografico.

Nelle cartografie sopra citate, dunque, l'area di sedime dell'aerogeneratore e l'elettrodotto di allaccio ricadono in zone perimetrate come descritto nelle tabelle di seguito riportate e come rappresentato nelle successive figure (Figg. 13-14):

Opera	***Suscettività al dissesto***	***Rischio geomorfologico***	***Rischio idraulico***
Aerogeneratore	Pg0 (MOLTO BASSA)	Rg0 – Rischio lieve o trascurabile	Assente
Elettrodotto di allaccio	Pg0 (MOLTO BASSA) Pg1 (BASSA)	Rg0 – Rischio lieve o trascurabile Rg1 – Rischio moderato	Assente

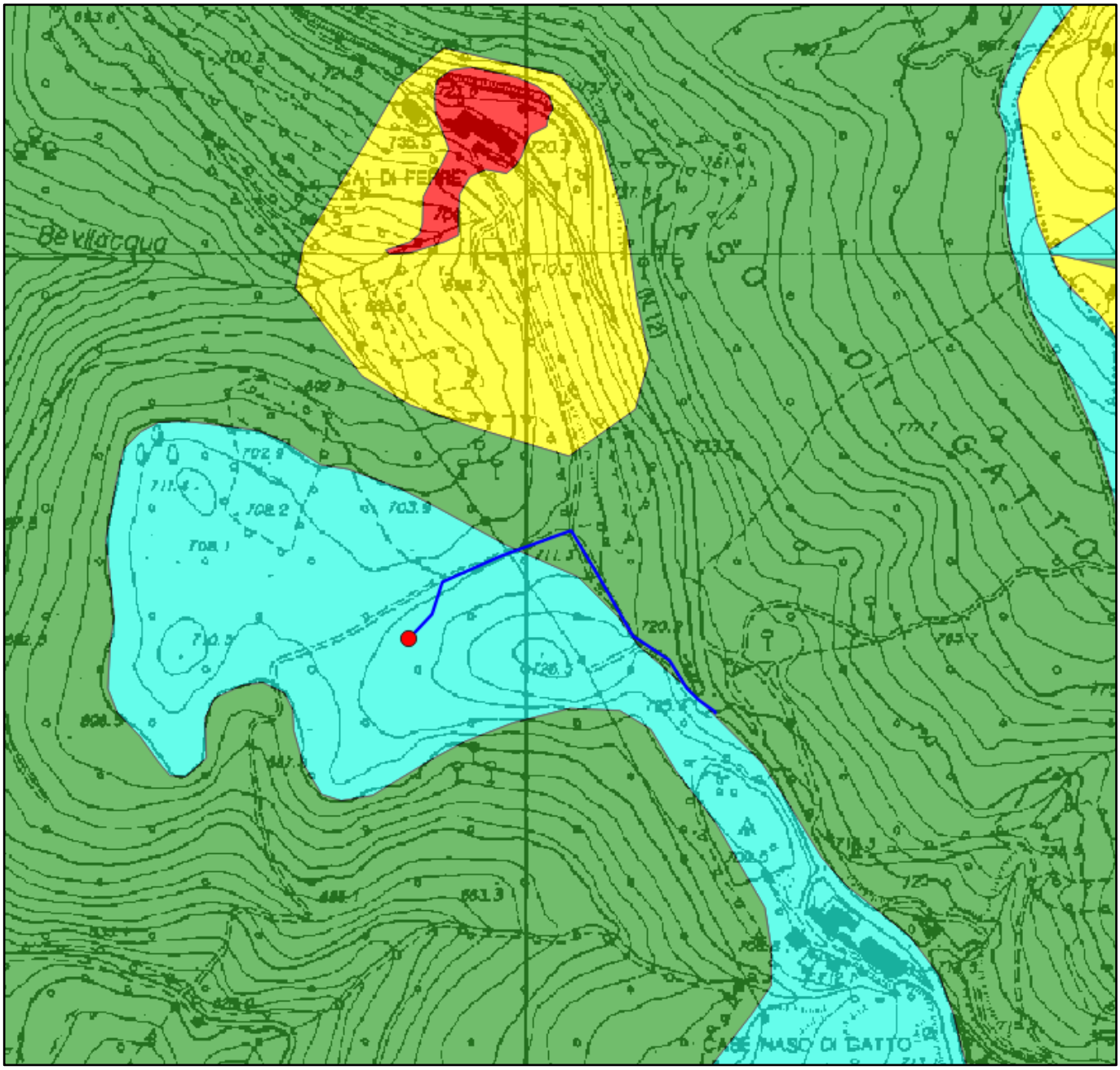


Fig. 13 – Carta della suscettività al dissesto dei versanti con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Pg4 - Aree a suscettività MOLTO ALTA - aree in frana attiva
PG3a - (Aree a suscettività ALTA - frane quiescenti)
Pg3b - (Aree a suscettività ALTA - aree non in frana quiescente)
Pg2 - (Aree a suscettività MEDIA)
Pg1 - (Aree a suscettività BASSA)
Pg0 - (Aree a suscettività MOLTO BASSA)

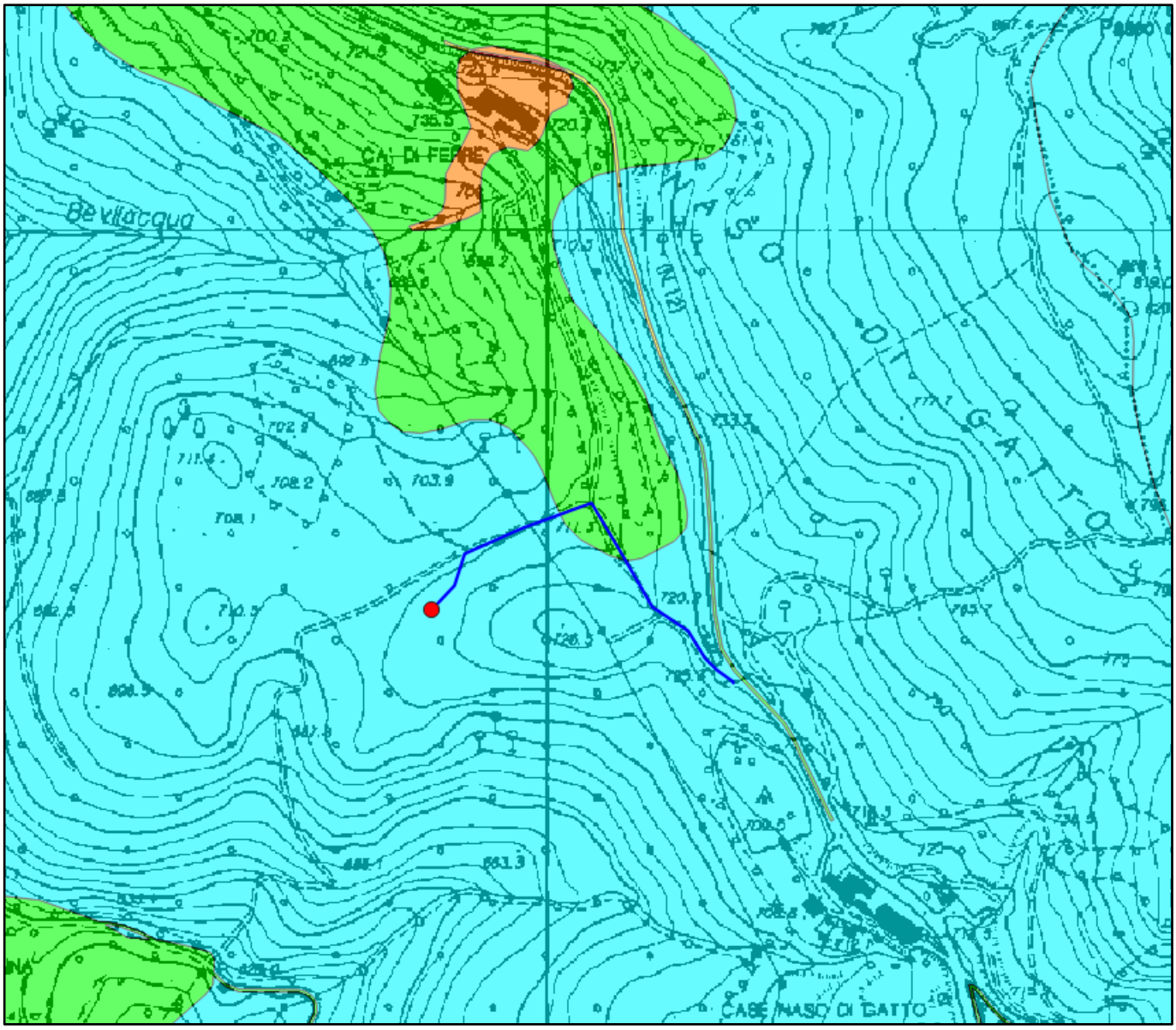


Fig. 14 – Carta rischio geomorfologico con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

Rg4 - Aree a rischio molto elevato
Rg3 - Aree a rischio elevato
Rg2 - Aree a rischio medio
Rg1 - Aree a rischio moderato
Rg0 - Aree a rischio lieve o trascurabile

6.2 Vincolo idrogeologico

Dal punto di vista amministrativo la zona in esame non risulta soggetta a vincolo idrogeologico e pertanto alla L.R. 4/99 (Fig. 15). Si può tuttavia affermare, in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo (regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali) che l'intervento proposto risulta sostanzialmente ininfluente.

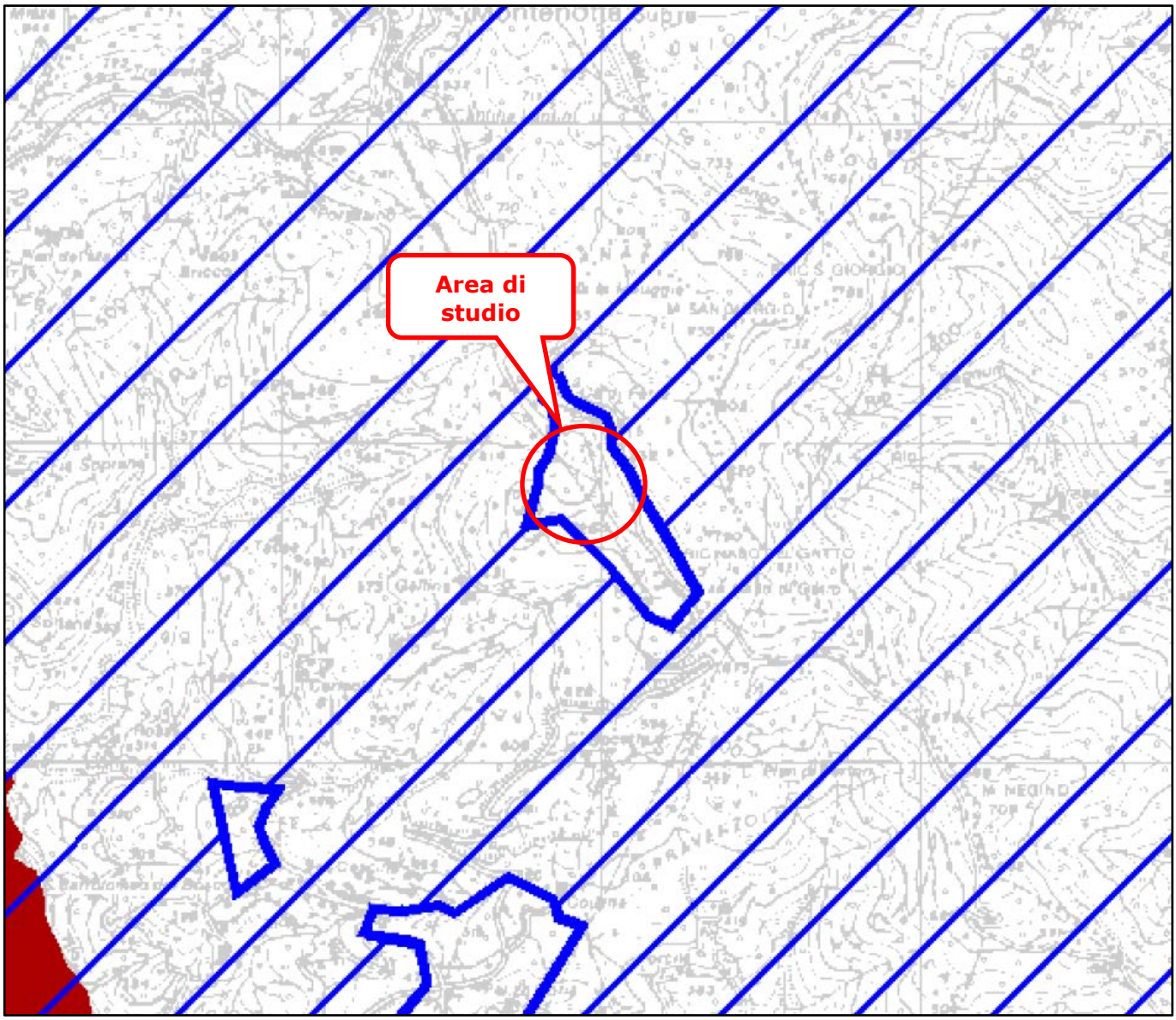


Fig. 15 – Stralcio della Carta del vincolo idrogeologico e foreste demaniali

Legenda

Aree sottoposte a vincolo idrogeologico RD 3267/1923

Area foresta demaniale RDL 3267/1923

7. Riferimenti normativi per la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

Dal punto di vista strettamente operativo questo studio nell'assegnare un peso alla componente geologica e geotecnica nella valutazione della fattibilità di opere ed interventi sul territorio trae i suoi fondamenti dai seguenti dispositivi di legge regionale e nazionali:

Riferimenti normativi della Regione Liguria

- Regione Liguria, Deliberazione 19 novembre 2010, n. 1362, "*D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".*
- Regione Liguria, G.R. n. 216 del 17 marzo 2017 – O.P.C.M. 3519/2006, *Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*.

Riferimenti normativi nazionali

- Decreto Ministero LL.PP. 11 marzo 1988, "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce*, *la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" con relativa Circolare n. 30483 del 24 settembre 1988, per quanto non sostituito dal D.M. 14/01/2008.
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n. 3274, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», con la relativa Circolare 21/02/2019 n. 7, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".

Per la ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico preliminare dell'area di studio, dunque, sono stati presi in considerazione i risultati di precedenti campagne di indagini geognostiche realizzate in aree limitrofe a quella in esame e su terreni appartenenti alle medesime formazioni geologiche.

Tali attività hanno permesso di ricavare i principali parametri dei terreni del sottosuolo di interesse geotecnico e sismico, al fine di conoscerne e studiarne preliminarmente il comportamento in relazione alle caratteristiche strutturali e dimensionali dell'opera di progetto.

8. Modello geologico e caratteristiche geotecniche preliminari dei terreni

8.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Nel presente capitolo vengono esposti i dati litotecnici e geotecnici dei terreni che costituiscono il sottosuolo indagato ricavati dalla bibliografia disponibile per l'area in esame.

Per il livello attuale di progettazione è stata ritenuta sufficiente l'analisi delle indagini eseguite in aree limitrofe a quella di specifico interesse e sugli stessi terreni, rimandando l'effettuazione di un piano di indagini in sito (sondaggi a carotaggio continuo) e di laboratorio (analisi granulometriche, prove di taglio etc.) per una più precisa quantificazione dei parametri fisico-meccanici, alla successiva fase di progetto esecutivo.

Come già esposto nei paragrafi precedenti, il sottosuolo delle aree delle opere di progetto è geologicamente costituito da *coltri eluvio-colluviali e da metaofioliti*, terreni appartenenti all'Unità di Montenotte (Fig. 16).

Coltri eluvio-colluviali

La coltre detritica eluviale ad elevata componente pedogenica, presenta uno spessore medio che supera anche i 3,0 m e sfuma nella regolite di alterazione del sottostante substrato lapideo. Tali materiali denotano un consistente scheletro litico (costituito da trovanti di dimensioni anche pluridecimetriche), di natura petrografia analoga al substrato, immerso in una matrice di colore marroncino scuro a granulometria fine. Sono ampiamente diffuse in tutta l'area in esame e derivano dal marcato disfacimento delle metaofioliti. Tale litotipo è, quindi, decisamente eterogeneo e può essere inserito nella classifica funzionale U.S.C.S. nei gruppi GM-SM (ghiaie e sabbie limose scarsamente plastiche) e nonostante abbiano una certa variabilità composizionale, ad essi possono essere associati i parametri fisico-meccanici:

- Peso unità di volume = 18,0 KN/mc
- Angolo di attrito = 26°
- Coesione = 8 KPa

Metaofioliti

Sono metabasiti in senso lato, costituite in prevalenza da litotipi a chimismo basico ed evidenziano una grana fine. La composizione mineralogica è rappresentata essenzialmente da pirosseni e plagioclasi; l'aspetto risente di intensa fratturazione e disarticolazione, che produce marcate coperture di terreni sciolti. Tale substrato può essere definito marcatamente micro e macro-fratturato. Agli ammassi rocciosi del substrato dell'area di studio possono essere attribuiti i seguenti valori indicativi dei parametri geomeccanici fondamentali:

- Peso di volume = 31,26 KN/mc
- Angolo di attrito = 33°
- Coesione = 1600 KPa

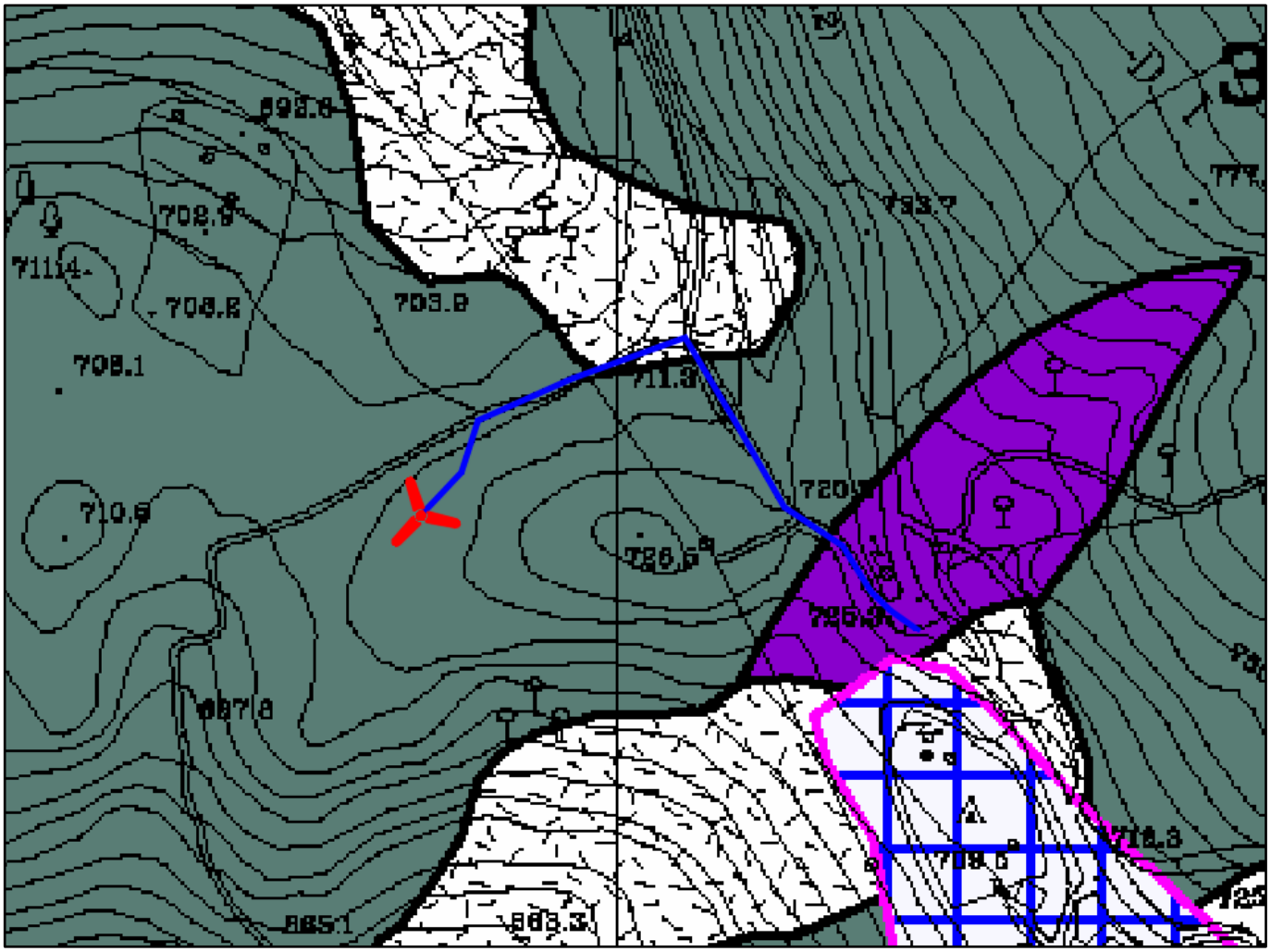


Fig. 16 - Stralcio della Carta litotecnica del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

QUATERNARIO

Coltri detritiche ed eluvio-colluviali di spessore > 3 m, costituite da materiale sciolto da poco a mediamente addensato

PRE-QUATERNARIO (con grado crescente in termini di proprietà geomeccaniche l.s.)

Filladi: litotipo molto fissile e sfattibile. Substrato lapideo stratificato. (Filladi dell'Unità di Montenotte)

Metaofioliti generalmente massicce e variamente fratturate, gneiss ed anfiboliti con metamorfismo analogo. Substrato lapideo non stratificato. (Metagabbri, Serpentiniti, Brecce ofiolitiche, Glaucofaniti dell'Unità di Montenotte, Gneiss ed Anfiboliti dell'Unità di Bagnaschino - Basamento cristallino trasformato in condizioni di alta pressione e bassa temperatura)

9. Sismicità del territorio

9.1 Classificazione sismica

Nell'ambito dell'intero territorio nazionale la classificazione sismica attribuisce i parametri di riferimento relativamente all'azione sismica da prendere in considerazione nella progettazione delle opere. La precedente classificazione emessa dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in vigore sino al marzo 2003, prevedeva la suddivisione del territorio in 3 "*Categorie*" con diverso grado di sismicità, oltre ad un'altra categoria cosiddetta non classificata per la mancanza di elementi conoscitivi sufficienti. L'unità territoriale minima era costituita dall'intero territorio comunale, a cui quindi veniva attribuita un'unica Categoria.

Nel 2003 un aggiornamento generale della normativa è stato operato con l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*." L'Ordinanza contiene anche un significativo aggiornamento della classificazione sismica del territorio, basata sull'introduzione di 4 "Zone" caratterizzate da diversi valori di accelerazione massima attesa al suolo.

Basata su questo nuovo approccio, l'attuale classificazione sismica del territorio deriva dai successivi disposti normativi emanati a livello nazionale e regionale, mentre le procedure per la definizione del ruolo dell'azione sismica sono inquadrate nelle nuove "*Norme tecniche per le costruzioni*" (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, con la relativa Circolare 21/02/2019 n.7, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018).

A seguito della definitiva entrata in vigore delle NTC (D.M. 14/01/2008), la Regione Liguria provvedeva all'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio e al recepimento delle procedure di elaborazione prescritte con le nuove NTC, con l'emanazione della Delibera Giunta Regionale n. 1362 del 19/011/2010 (*D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*); tale aggiornamento è stato opportunamente integrato nel 2017 e nel 2018 (G.R. n. 216/2017 – G.R. n. 962/2018. *Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*).

L'intervento ricade nel territorio comunale di ***Savona*** inserito, sulla base dei "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi e delle medesime zone*", in entrambi gli aggiornamenti della classificazione del territorio regionale, nella ***Zona 3*** (aree con pericolosità sismica bassa) (Figg. 17-18).

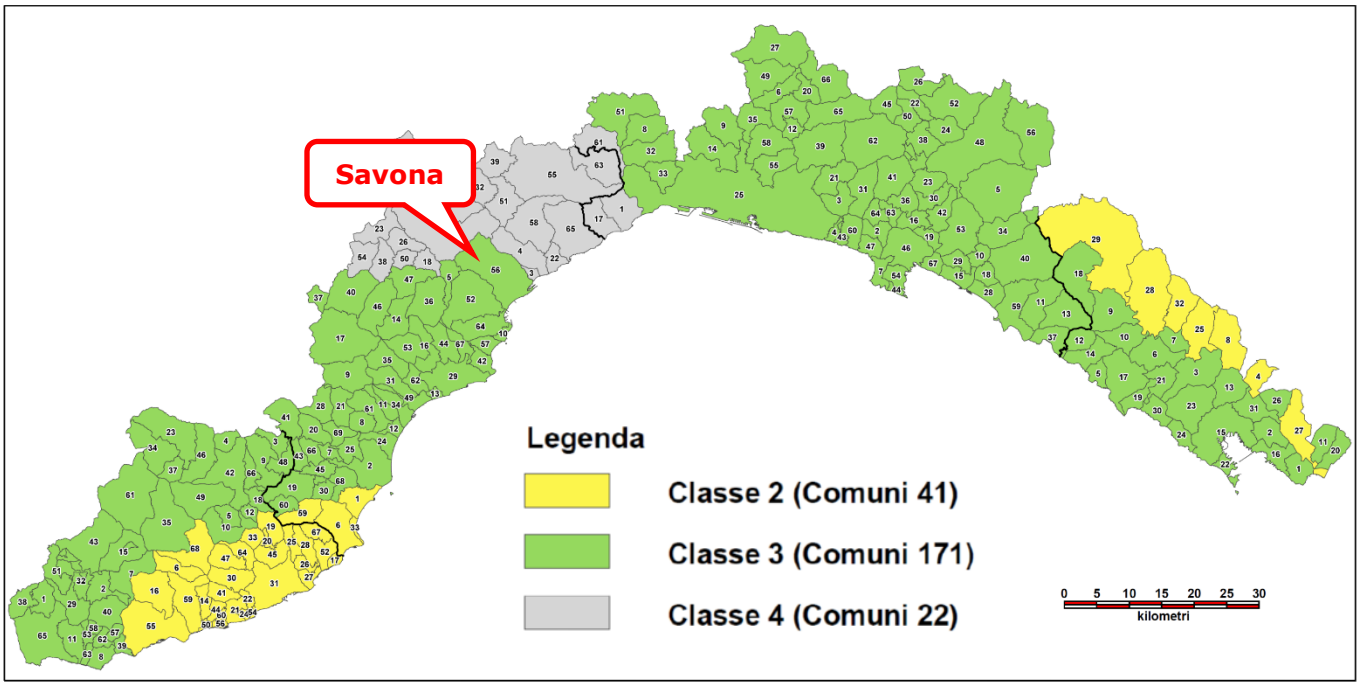


Fig. 17 – Mappa della classificazione sismica della Regione Liguria

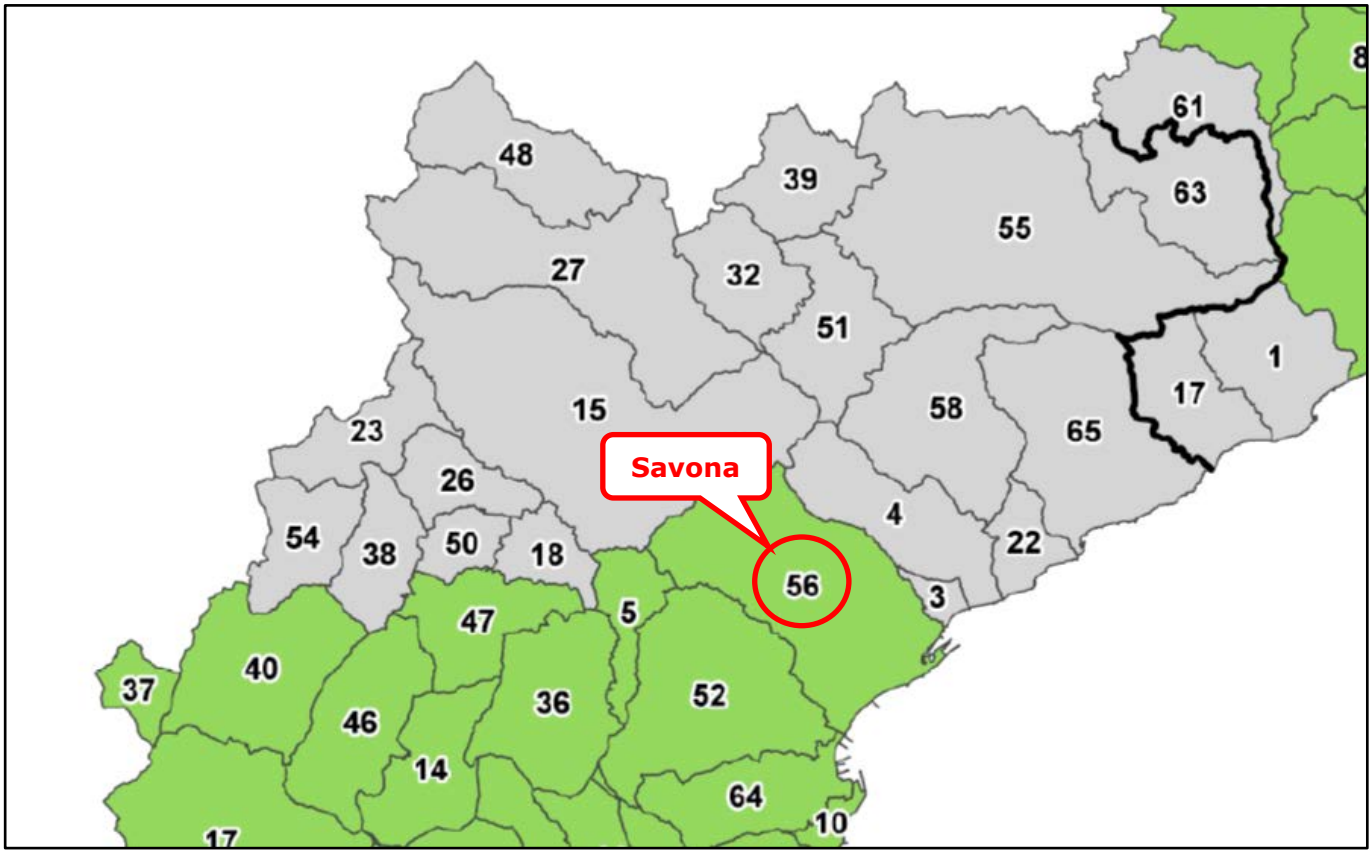


Fig. 18 – Mappa della classificazione sismica della Regione Liguria

ZONA 3 Pga = 0,15 g			
n° progress.	nr. ID del Comune su mappa	Provincia	Comune
163	56	SAVONA	SAVONA

L'entrata in vigore delle nuove NTC comporta anche una sostanziale innovazione nelle modalità della stima della pericolosità sismica, definita non più mediante un criterio "zona dipendente", ma attraverso un approccio "sito dipendente".

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende quindi necessario valutare a livello puntuale, in funzione della precisa localizzazione del sito, la possibile sollecitazione sismica unitamente agli effetti della risposta sismica locale per mezzo di specifiche analisi sull'assetto del volume di sottosuolo significativo e la caratterizzazione sismica dei terreni presenti.

9.2 Normativa di riferimento

La progettazione geologica e geotecnica delle opere è stata eseguita secondo i nuovi criteri in materia di Classificazione sismica del territorio, Norme tecniche per le costruzioni, Realizzazione di opere in aree sismiche, espressi con la recente normativa incentrata sui principali riferimenti di seguito indicati:

- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e Documenti allegati, con le s.m.i..
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - DM 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*, con la relativa Circolare 21/02/2019 n. 7, C.S.LL.PP. - *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.*
- Regione Liguria, Deliberazione Giunta Regionale 16 maggio 2003, n. 530, "*Individuazione formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria*", in ottemperanza al disposto di cui all'O.P.C.M. n. 3274/2003.
- Regione Liguria, Deliberazione Giunta Regionale 24 ottobre 2008, n. 1308, "*O.P.C.M. n. 3519/2006 Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*".
- Regione Liguria, Deliberazione Giunta Regionale 19 novembre 2010, n. 1362, "*D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".*
- Regione Liguria, G.R. n. 216 del 17 marzo 2017 – O.P.C.M. 3519/2006, *Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*.

La significativa revisione nelle procedure conseguente all'adeguamento delle Normative allo stato dell'arte tecnico-scientifico ha comportato, tra l'altro un sostanziale mutamento dello sviluppo progettuale nei confronti della sismicità.

Dall'approccio di tipo esclusivamente "zonale", basato sulla suddivisione del territorio in categorie con diverso grado di sismicità, definite in modo pressoché empirico (classificazione antecedente al 2003), si è passati ad una metodologia sito-specifica che, partendo dal valore di accelerazione massima al suolo definita su base probabilistica tiene in debita considerazione l'assetto litologico-stratigrafico, i possibili effetti di amplificazione dovuti alla natura del sottosuolo, agli effetti di sito, alla tipologia e funzione delle opere da realizzare.

9.3 Inquadramento sismo-tettonico

Svolgendo un'analisi a vasta scala, nell'ambito dell'Italia Nord-occidentale è possibile riconoscere una serie di grandi aree tettonicamente e sismicamente attive, dalle caratteristiche sufficientemente distintive. Una loro zonazione di massima può essere condotta sulla base della distribuzione dell'attività sismica, dei fuochi sismici e dei lineamenti geostrutturali.

Procedendo da Ovest verso Est, si riconoscono (Eva *et alii*, 1992) i seguenti domini tettonico-strutturali:

- il Vallese – Valle del Rodano;
- la fascia del Brianzonese Occidentale;
- la fascia del Canavese;
- la zona pennidica (comprendente il Pinerolese e il massiccio del Dora-Maira);
- le Alpi Marittime francesi (fascia di dislocazioni che interessano la parte meridionale dell'Argentera sino al Mar Ligure);
- il Mar Ligure Occidentale;
- la Liguria Occidentale;
- la fascia del Monferrato e l'Astigiano Meridionale;
- la fascia dell'Appennino Nord-Occidentale (zona di contatto fra l'Appennino emerso e la Pianura Padana);
- l'Appennino interno (zona Garfagnana – Lunigiana);
- l'Appennino esterno (zona del Parmense – Reggiano).

Ai fini della valutazione della pericolosità sismica del territorio di Cairo Montenotte e di Altare, nessuna di queste zone presenta un potenziale sismico particolarmente significativo; la sismicità del settore ligure-piemontese è infatti caratterizzata da eventi di *magnitudo* moderata e non particolarmente frequenti. L'area in esame, in particolare, si localizza in prossimità del limite tra i domini strutturali delle Alpi Liguri e dell'Appennino settentrionale (Fig. 19).

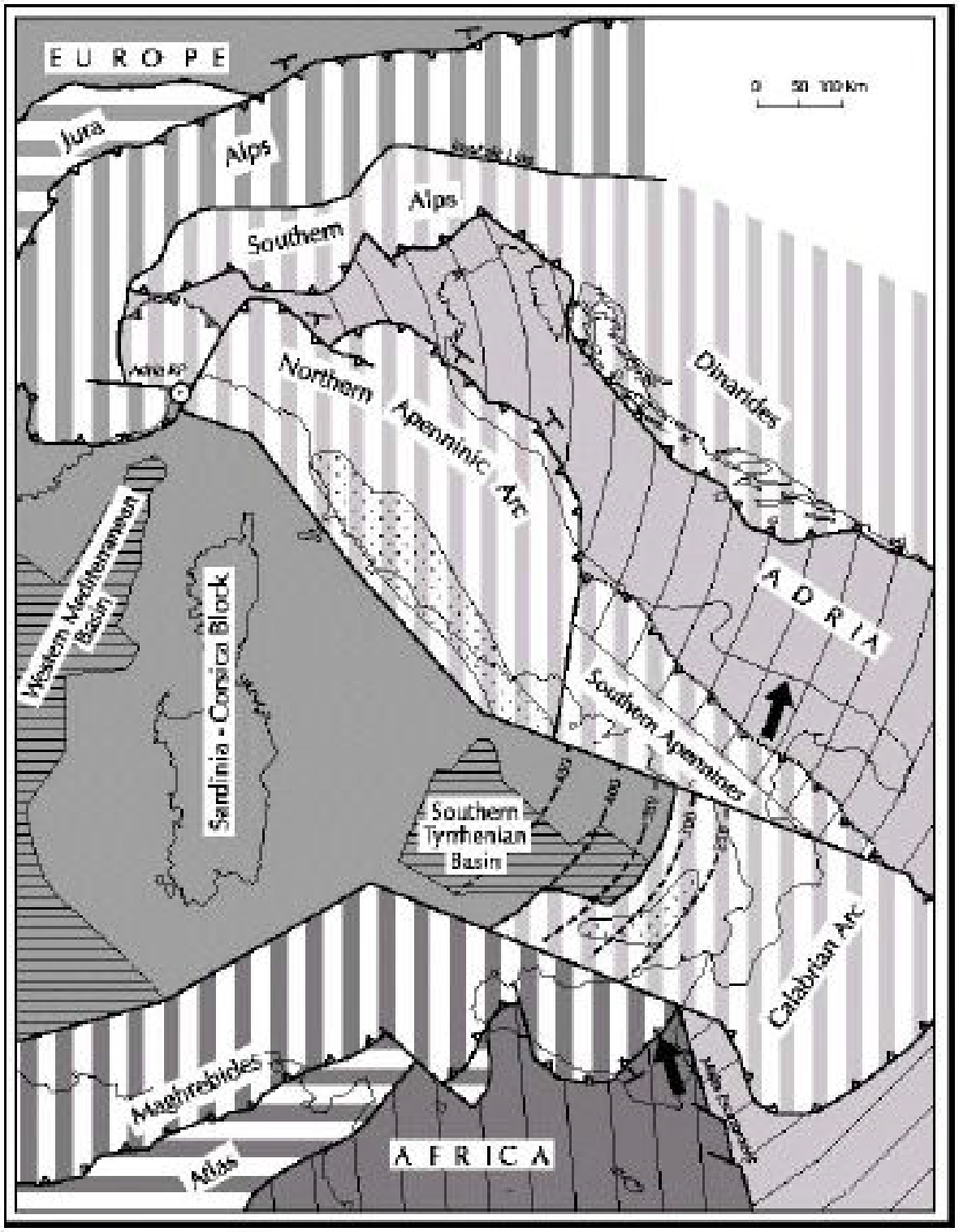


Fig. 19 – Inquadramento tettonico-strutturale del territorio italiano ai fini della Zonazione sismogenetica della Penisola italiana tratto dalla Zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone & Stucchi, 2000).

La sua storia evolutiva recente, responsabile dell'assetto tettonico, della distribuzione spaziale e delle caratteristiche delle zone sismogenetiche, è connessa all'apertura del bacino tirrenico ed alle fasi di strutturazione del settore settentrionale della catena appenninica.

Tali processi hanno portato, dapprima alla formazione del Bacino Terziario Piemontese (nel corso dell'Oligo-Miocene), quindi all'emersione ed al basculamento verso nord dell'intera area nel corso del Pliocene-Quaternario.

A quest'ultima fase di sollevamento ha corrisposto anche il progressivo avanzamento verso nord della deformazione Appenninica, oggi riconoscibile nelle strutture frontali dell'arco del Monferrato parzialmente sepolte sotto la Pianura Padana.

Alla fase di tettonica compressiva dovuta all'avanzata della catena appenninica è seguita una fase distensiva, caratterizzata dallo sviluppo di faglie normali che attualmente, insieme alle strutture di trasferimento legate all'interazione tra i due domini strutturali Alpini ed Appenninici, costituiscono le zone di accumulo della deformazione tettonica.

Sulla base dei dati di sismicità storica e recente le zone di maggiore attività sismica sembrerebbero trovarsi in corrispondenza della terminazione dell'arco alpino, dove si individua un allineamento delle zone epicentrali, disposto con andamento NO-SE, che si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera (Alpi Marittime, Cuneo).

Nei settori a mare, la sismicità appare concentrarsi nella parte centrale del Mar Ligure ed in prossimità della scarpata continentale.

L'arco delle Alpi Occidentali, nella sua terminazione meridionale (Alpi Marittime e Mar Ligure), è caratterizzato da un'attività sismica ben documentata. Le strutture potenzialmente in grado di generare eventi di *magnitudo* moderata sono limitate, per quanto riguarda specificatamente l'area di interesse, alla linea Saorge-Taggia e al complesso di faglie sottomarine presenti all'interno del Mar Ligure.

L'attività delle Alpi Marittime tende ad aumentare spostandosi da Genova verso Ovest, raggiungendo i suoi massimi valori nelle zone dell'Imperiese e del Nizzardo. Di particolare rilevanza appare la linea Saorge-Taggia che si è dimostrata costantemente attiva ed è costituita da un complesso fascio di faglie a trascorrenza destra, con orientazione NO-SE; si estende dal Mar Ligure sino ad intersecare, verso Nord, la faglia Breil-Sospel-Monaco, con trascorrenza sinistra, considerata lo svincolo orientale dell'arco di Nizza.

La sismicità storica dell'area tende a concentrarsi nella parte meridionale della linea Saorge-Taggia in prossimità del Mar Ligure. I valori di intensità sono ridotti nella parte centrale e tendono ad aumentare nella parte più a Sud, gli ipocentri sono generalmente molto superficiali (Giammarino *et alii*, 2010).

Il Mar Ligure appare nettamente diviso in due settori, quello orientale quasi completamente asismico, e la porzione occidentale in cui si localizzano i principali terremoti che hanno interessato

l'Italia Nord-Occidentale. Le caratteristiche morfologiche e morfotettoniche del bacino e del suo margine continentale sono state studiate tramite rilievi sismici eseguiti durante campagne oceanografiche italiane e francesi. I profili sismici mettono in evidenza che il sistema di faglie più significativo è quello legato al piede del margine continentale; in questa zona, gli ipocentri dei terremoti raggiungono i 15÷20 km di profondità (Eva *et alii,* 1999).

9.4 Zonazione sismogenetica

Per la definizione in termini ingegneristici della pericolosità sismica di un territorio, gli elementi relativi alla sismicità e al suo assetto geologico-strutturale riconosciuti, devono essere inseriti in un modello interpretativo che consenta di definire le zone sismotettoniche e le relative aree sismogenetiche. Per zona sismotettonica si intende un settore del territorio in cui, sia lo stile deformativo recente della crosta che la sismicità, presentino caratteri di omogeneità spaziale e temporale. Le aree sismogenetiche individuano i domini spaziali in cui la presenza di strutture tettoniche con evidenza di attività recente fa ritenere possibile il verificarsi di eventi sismici rilevanti in ambiti temporali di interesse per gli insediamenti e le attività antropiche.

Uno dei modelli sismotettonici di riferimento per la penisola italiana è quello elaborato dal GNDT (Gruppo Nazionale Difesa terremoti) e noto come Zonazione sismogenetica ZS4 (http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html).

Secondo questa classificazione, il territorio ligure per la maggior parte risulta compreso in 4 zone (Fig. 22):

- *Zona 22: area di svincolo, della zona di interazione tra piastra adriatica ed europea; meccanismi di rottura attesi di tipo transpressivo o strike-slip;*
- *Zona 23: Liguria occidentale. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip e trans pressione;*
- *Zona 24: Mar Ligure. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip.*
- *Zona 25: area di svincolo legata al margine interno della piastra padano-adriatica-ionica in subduzione sotto la catena appenninica. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di strike-slip.*

Savona si localizza al margine tra la Zona 25 e il settore privo di strutture sismogenetiche corrispondente all'area collinare del Piemonte meridionale. Con riferimento al suo territorio, le zone sismogenetiche di maggiore rilevanza sono riferibili alla terminazione delle Alpi Marittime (Zona 22) e al Settore occidentale del Mar Ligure (Zona 24).

L'attività delle strutture tettoniche presenti è in grado di determinare il rilascio di eventi sismici con *magnitudo* rilevante, come verificato anche storicamente. Per l'intorno significativo del sito, quale evento massimo atteso di riferimento può essere assunto il terremoto del 23/02/1887 (Intensità massima MCS = X, magnitudo stimata Mw = 6,27). Questo terremoto, come pure gli eventi analoghi verificatisi nel Settore occidentale del Mar Ligure, evidenzia una configurazione fortemente asimmetrica del campo di maggiore risentimento che coinvolge fondamentalmente la fascia litoranea, attenuandosi invece rapidamente verso l'interno.

Per l'area di interesse si rileva, in generale, che disposizione, limitata profondità delle zone ipocentrali (generalmente <10 km per le aree emerse) e configurazione delle strutture sismogenetiche, determinano una rapida attenuazione delle sollecitazioni dinamiche connesse anche agli eventi attesi con maggiore magnitudo, che si localizzano comunque sempre a distanze maggiori ai 50 km, come verificato storicamente.

Il territorio in esame, di conseguenza, è caratterizzato da parametri di pericolosità sismica ridotti, che ne giustificano l'inserimento rispettivamente nella Zona 4 e nella Zona 3 (aree a bassa sismicità), ovvero tra le zone a più bassa pericolosità sismica del territorio nazionale.

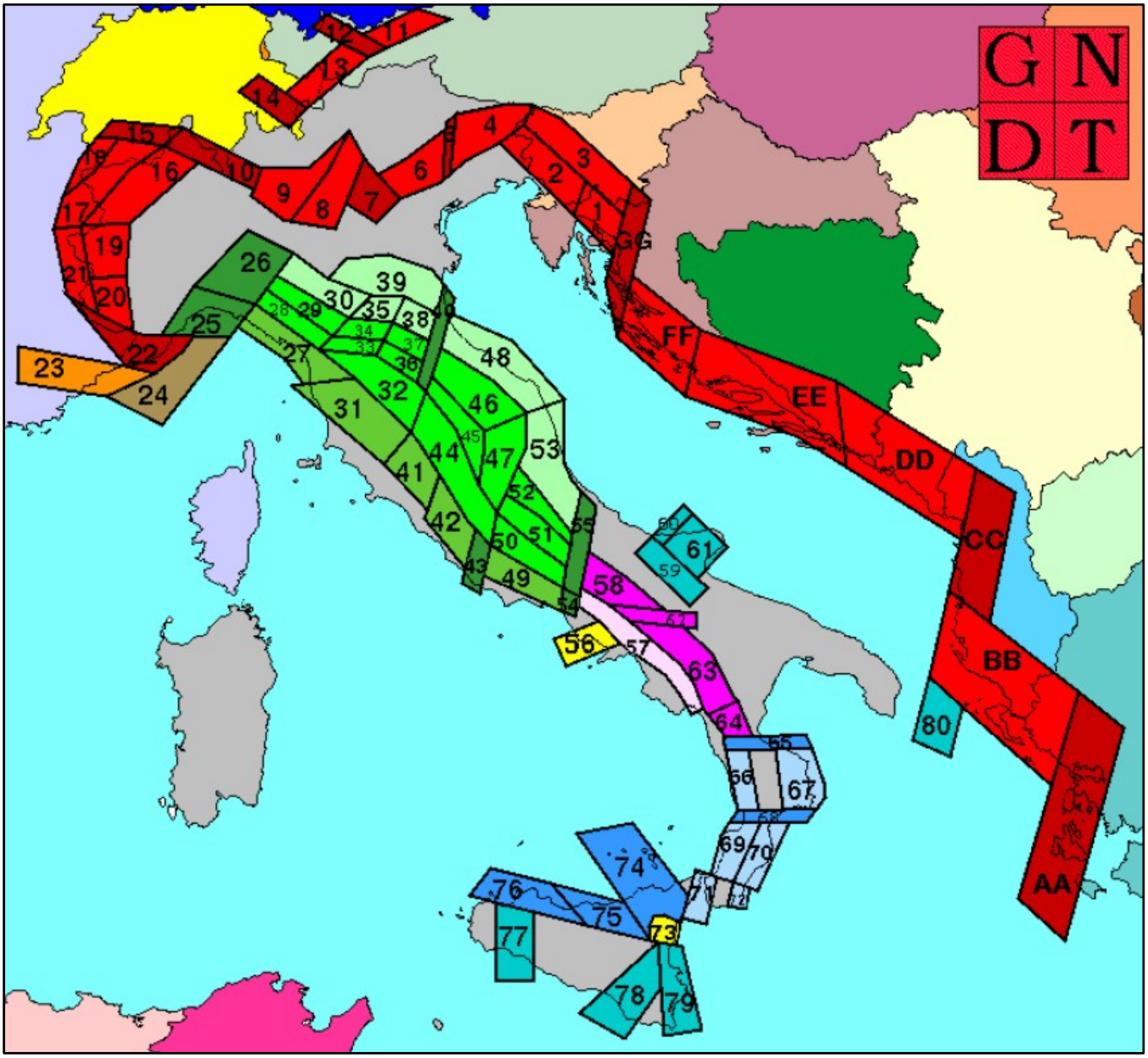


Fig. 22 – Zonazione sismogenetica ZS4 del territorio nazionale ed aree limitrofe ai fini della definizione della pericolosità sismica. (Fonte: http://emidius.mi.ingv.it/ GNDT/ZONE/ zone_sismo.html. Il territorio ligure ricade in gran parte nelle Zone 22, 23, 24 e 25.

9.5 Sismicità attuale e storica di Savona

La sismicità attuale della Liguria mostra, sulla base dei dati rilevati nel periodo 1981-2006 della rete sismica regionale (Eva *et alii*, 1992, Barani *et alii*, 2007; pagina *web http://www.dipteris.unige.it/geofisica/*; INGV - Catalogo sismico strumentale), magnitudo comprese tra 1,5 e 5,0 Ml. Le localizzazioni indicano una maggiore superficialità degli eventi in terra (mediamente h < 7 km), mentre mostrano degli approfondimenti sino a 15 ÷ 20 km in prossimità del margine continentale (Cattaneo *et alii*, 1999).

La sismicità storica di questa area è pressoché coerente con i dati strumentali. I cataloghi storici (Postpischl, 1985; Boschi *et alii*, 2000; CPTI15-v3, Rovida *et alii*, 2021), mostrano che i principali eventi risentiti sulla costa ligure sono legati a terremoti marini, spesso di incerta localizzazione, mentre gli eventi localizzati a terra sono molto limitati e distribuiti lungo la fascia costiera.

Per la verifica completa della sismicità attesa è stato esaminato un ampio settore dell'Italia nord-occidentale, in modo da poter rilevare gli eventi connessi a tutte le strutture geologiche potenzialmente sismogenetiche. Il territorio coperto dall'analisi comprende l'intero Piemonte centro-meridionale a partire dalla Provincia di Torino, l'Arco alpino occidentale, la costa ligure, l'Appennino ligure-emiliano e il confine piemontese-lombardo.

Per la verifica completa della sismicità attesa è stato esaminato un ampio settore dell'Italia nordoccidentale, in modo da poter rilevare gli eventi connessi a tutte le strutture geologiche potenzialmente sismogenetiche. Il territorio coperto dall'analisi comprende l'intero Piemonte centro-meridionale a partire dalla Provincia di Torino, l'Arco alpino occidentale, la costa ligure, l'Appennino ligure-emiliano e il confine piemontese-lombardo.

Il quadro ottenuto è illustrato nella tabella seguente, che riassume i dati relativi ai terremoti storici di maggiore rilevanza in relazione alle principali strutture potenzialmente sismogenetiche.

Data	**Epicentro**	**Intensità epicentrale** (scala MCS)	**Mw**	**Distanza dall'area di progetto** (km)	**Risentimento documentato a Cairo M.** (I MCS)
22/10/1541	Valle Scrivia	VIII	5,26	65	
20/07/1564	Alpi Marittime	VIII - IX	5,80	90	
15/02/1644	Alpi Marittime	VIII - IX	5,74	90	
02/04/1808	Valle del Pellice	VIII	5,64	95	
23/02/1818	Liguria occidentale	VII - VIII	5,32	55	
08/01/1819	Liguria occidentale	VII - VIII	4,86	40	
09/10/1828	Valle dello Staffora	VII - VIII	5,72	70	
26/05/1831	Liguria occidentale	VIII	5,56	70	
29/12/1854	Liguria occidentale	VII - VIII	5,72	85	
23/02/1887	Liguria occidentale	IX	6,27	55	VI
26/10/1914	Tavernette	VII	5,24	105	

Principali terremoti storici e strumentali (intensità epicentrale > VII MCS) rilevati nell'area compresa tra il Piemonte centro-meridionale, la Liguria, il margine ligure-emiliano (Fonte: CPTI15; Rovida et al., 2021).

Il **Database Macrosismico Italiano** permette di visionare la storia sismica delle località italiane. La versione ***DBMI15*** è stato realizzato nell'ambito della linea di attività INGV T3 "Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio" e quale contributo alle attività dell'Allegato A dell'Accordo quadro INGV-DPC 2012-2021.

La versione 2015 del Database Macrosismico Italiano (DBMI15), è consultabile liberamente all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15. L'utilizzo, anche parziale, del database è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue: *Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15*. L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano, chiamata DBMI15 v4.0, è stata rilasciata nel 2022 e aggiorna e sostituisce le precedenti. DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI).

L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti (Fig. 20).

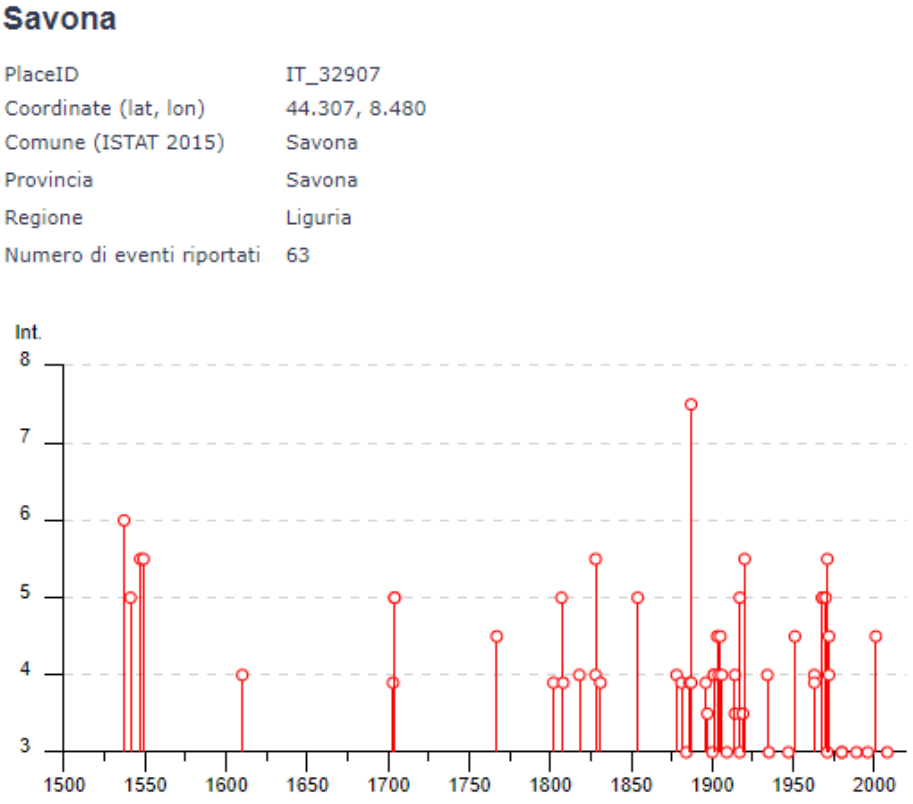


Fig. 20 – Storia sismica del Comune di Savona (SV)

Il principale evento è rappresentato dal sisma del 23 Febbraio 1887, che può essere ritenuto rappresentativo del massimo evento attendibile per l'area (Mw = 6,27; Catalogo parametrico CPTI15; Rovida *et alii*, 2021). La sua localizzazione, per quanto affetta da margini di incertezza data la limitata rete di registrazione strumentale dell'epoca, è da collocare nei pressi di Bussana (Sanremo). Il sisma, con ipocentro in mare, ebbe un'intensità massima valutata nel X grado della scala MCS osservata a Diano Castello, e causò la distruzione di interi paesi nell'area epicentrale. Risentimenti al suolo significativi furono registrati sul litorale sino all'altezza di Vado.

La correlazione spaziale tra le principali strutture potenzialmente sismogenetiche e la localizzazione dei terremoti storici più significativi è illustrata nella successiva figura (Fig. 21).

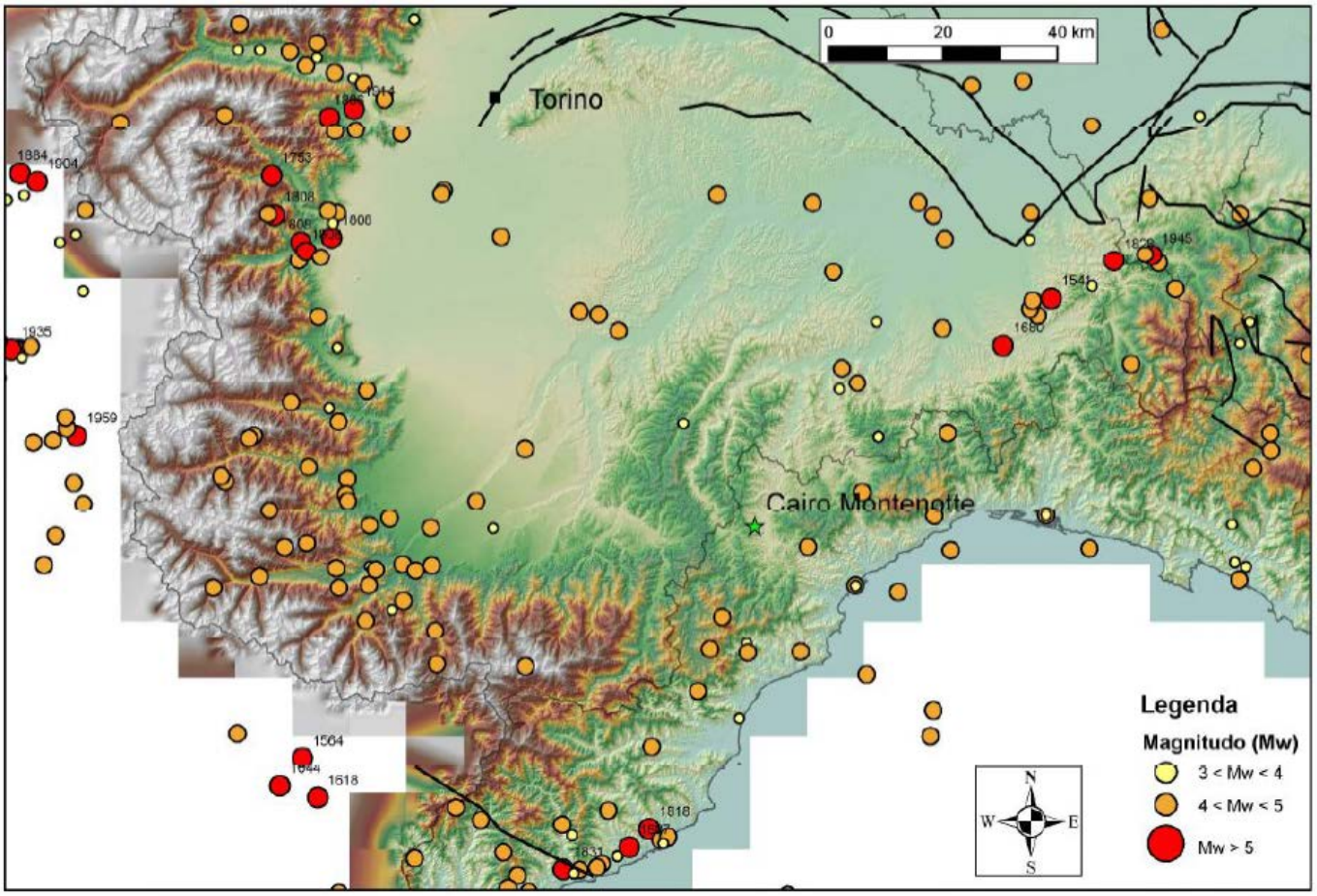


Fig. 21 – Sismicità storica relativa all'intervallo temporale 1500 – 1950 e localizzazione delle strutture potenzialmente sismogenetiche (linee nere) nell'areale vasto esaminato (Fonti: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15; ITHACA, 2019, Catalogo delle faglie capaci).

9.6 Pericolosità sismica del Comune di Savona

Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03 è cambiato il livello energetico attribuito alle classi sismiche, per cui la "**Pericolosità Sismica**", espressa come intensità sismica in termini di accelerazione al suolo (*ag/g*), mette in luce nuovi valori di riferimento, notevolmente superiori rispetto a quelli precedentemente vigenti.

Di seguito è evidenziata la variazione di intensità sismica in termini di *ag/g*, a parità di classe sismica a scala nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2001; 2004). La Regione Campania ha anticipato l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03 con la classificazione del territorio attuata dalla DGRC 5447/02.

Variazione di intensità sismica in termini di ag/g

Classificazione Sismica (O.P.C.M. 3274/03)	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ag/g	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) ag/g	Classificazione Sismica (D.M. 19/01/96)	Coefficiente Sismico (S)
1	>0,25	0,35	1	0,1
2	0,15 – 0,25	0,25	2	0,09
3	0,05 – 0,15	0,15	3	0,06
4	<0,05	0,05	4	0

Lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese su base probabilistica è la pericolosità sismica. Le carte di pericolosità si basano quindi sui parametri di scuotimento maggiormente significativi ai fini ingegneristici, quali le intensità macrosismiche ed il picco di accelerazione massima attese ottenute sulla base della storia sismica documentata per il sito.

A livello di inquadramento, i dati di riferimento sono costituiti dalle elaborazioni delle Mappe di intensità macrosismica e di accelerazione massima di picco attese, elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di ***Savona*** (Fig. 23) rientra nelle celle contraddistinte da valori di *ag* di riferimento compresi tra **0.050 e 0.075**, (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento *ag*; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

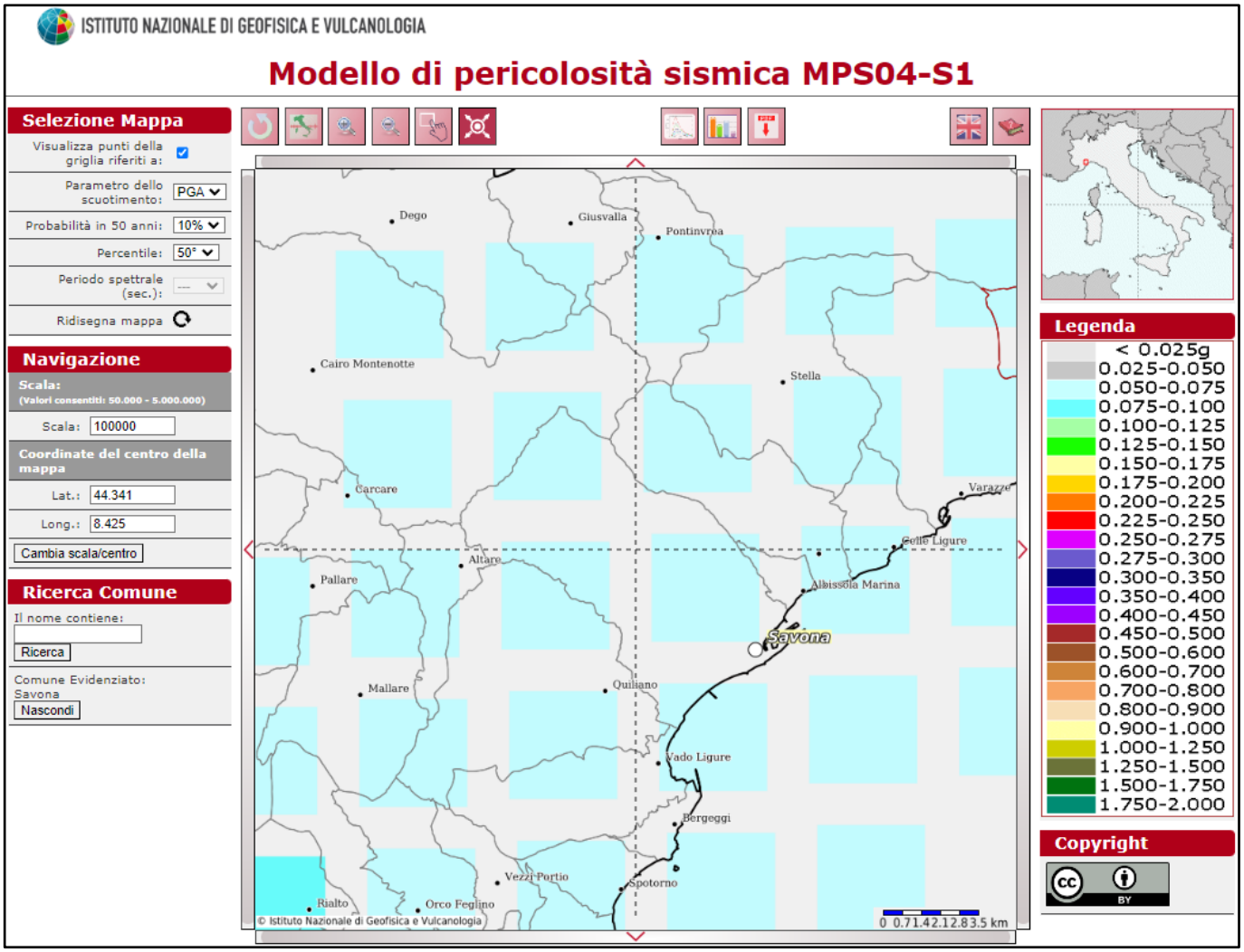


Fig. 23 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le N.T.C./2018. Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a(g); probabilità in 50 anni 10%; percentile 50 Comune di Savona

10. Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica del PUC di Savona

In ottemperanza alla DGR 471/2010 "Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della L.R. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale", il Comune di Savona ha eseguito uno studio di microzonazione sismica con i contenuti previsti dall'allegato A della succitata D.G.R. 471/2010.

Poiché il Comune di Savona ricade in Zona 4 (D.G.R. 24/10/2008 n. 1308 e successiva DGR 1362 del 19/11/2010) è richiesto un approfondimento di **livello 1**, finalizzato alla redazione della "**Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica**".

Lo studio di microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere, ad una scala di sufficiente dettaglio (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (fratture, frane, liquefazione, densificazione, movimenti differenziali deformazioni permanenti ecc.) per le costruzioni e le infrastrutture. Questi fenomeni vengono generalmente definiti come effetti locali.

Uno studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- *le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante;*
- *le zone in cui il moto sismico viene amplificato a causa delle caratteristiche morfologiche, strutturali, stratigrafiche, geofisiche e geotecniche dei terreni;*
- *le zone in cui sono presenti, o possono attivarsi, dissesti o deformazioni del suolo dovuti al sisma o incrementati da esso.*

Nella *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* del PUC di Savona, l'area occupata dall'aerogeneratore di progetto ricade in: *A – Zone stabili - ZONA 3 – Substrato lapideo non stratificato* (Fig. 24).

Nel seguito viene riportata la descrizione delle "Zone stabili A" tratta dal documento "Note alla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del PUC di Savona:

***A) zone stabili (*)**, nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento. Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico o sub affiorante (fino a circa mt. 3) con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Il soggetto realizzatore dovrà, in base alla letteratura, alle proprie conoscenze pregresse del territorio e in base ai dati raccolti, identificare le zone che più probabilmente sono caratterizzate da Vs _ 800 m/s*.

(*) con amplificazione di carattere topografico (pendenza >15° circa).

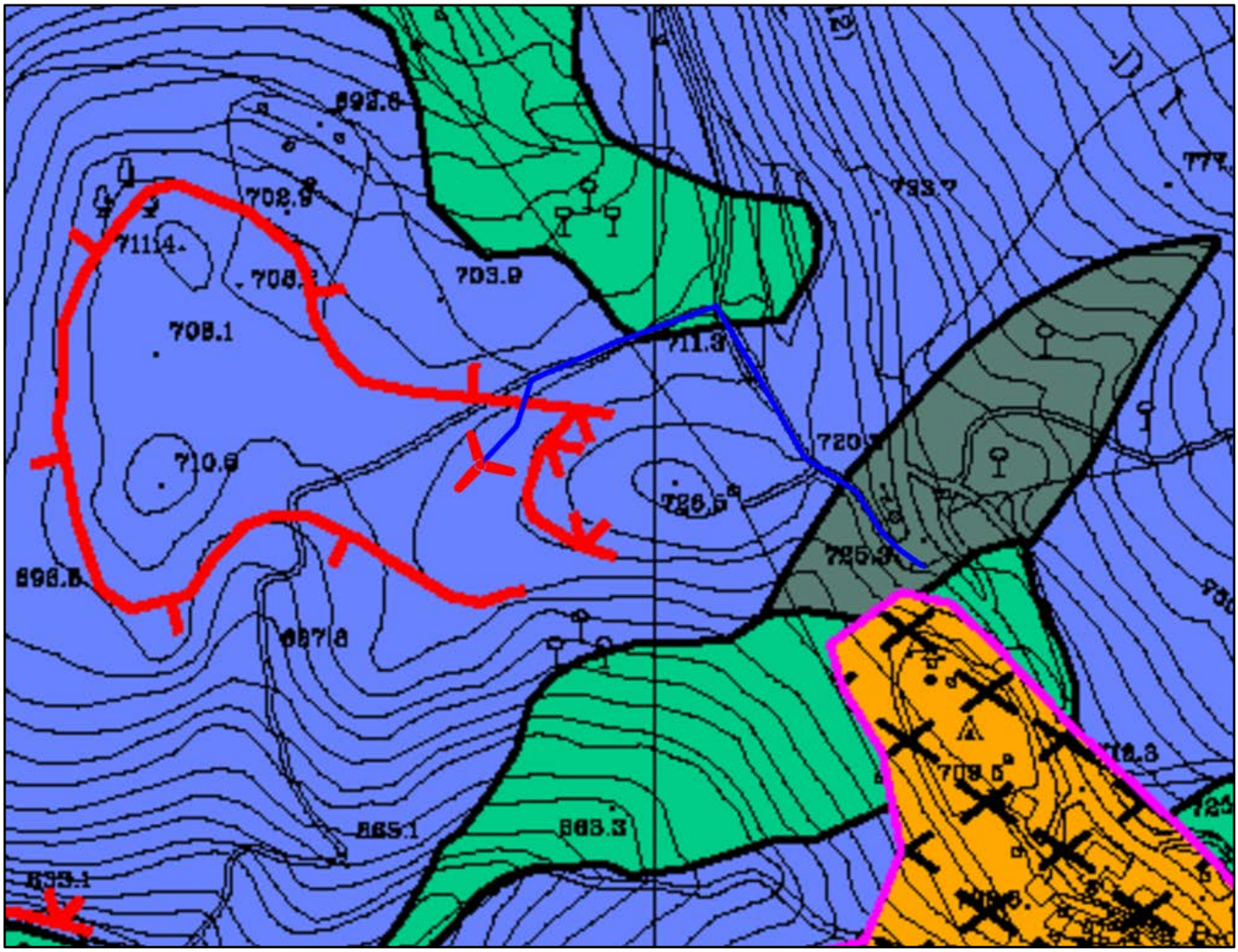


Fig. 24 - Stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica del PUC di Savona con ubicazione dell'aerogeneratore di progetto e del percorso dell'elettrodotto di allaccio

Legenda

= Aerogeneratore

= Elettrodotto di allaccio

A ZONE STABILI (*)

FORMAZIONI ACCORPATE IN ZONE CON GRADO DECRESCENTE DI RESISTENZA PER CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOMECCANICHE

ZONA 1. - Substrato lapideo non stratificato

ZONA 2. - Substrato lapideo stratificato

ZONA 3. - Substrato lapideo non stratificato

ZONA 4. - Substrato lapideo stratificato

ZONA 5. - Substrato lapideo stratificato

ZONA 6. - Substrato granulare cementato

ZONA 7. - Substrato coesivo sovraconsolidato

D FORME DI SUPERFICIE

a. - Terrazzi e principali rotture di pendio

11. Considerazioni tecniche e compatibilità geologica del progetto proposto

11.1 Descrizione sommaria delle opere da realizzare

Le valutazioni effettuate nel presente paragrafo sono volte a dimostrare la compatibilità geologica degli interventi di progetto, in accordo con quanto richiesto dalle Norme sopra richiamate. Per gli scopi del presente studio è necessario descrivere in maniera sintetica le opere da realizzare per meglio inquadrarne gli aspetti d'impatto idrogeologico salienti e per esprimere in maniera più compiuta un giudizio sulla loro compatibilità geologica: per una trattazione dettagliata si rimanda alla relazione tecnica del progetto.

Unità fondamentale dell'impianto è la postazione di macchina in cui trova collocazione l'aerogeneratore. La postazione della macchina, salvo inevitabili adattamenti locali dovuti alle differenze orografiche presenti in un sito di alta collina, presenta il più elevato grado di standardizzazione possibile in termini di dimensioni, forma e disposizione dell'aerogeneratore al suo interno. Si rammenta che nel caso specifico, prevedendo l'utilizzo di macchine di grande taglia, la trasformazione BT/MT trova posto nella torre che consente di contenere le apparecchiature elettriche per il collegamento ad un sistema di cavidotti interrati che portano l'energia elettrica fino al punto di consegna alla rete elettrica di distribuzione.

La postazione della macchina, opera di tipo "puntuale", è collegata da due sistemi a rete: uno, superficiale, è costituito dalla viabilità di servizio all'impianto che deve permettere l'accessibilità all'aerogeneratore durante tutta la vita utile dell'impianto; l'altro, reso invisibile in quanto interrato, è formato da cavi di potenza e da una fibra ottica per i segnali.

Normalmente vi è convenienza a tenere sovrapposte queste due tipologie di opere lineari, facendo correre le linee elettriche interrate in asse o al bordo delle strade di servizio.

- **Cavidotti**

Per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità che prevede l'estradosso del cavo maggiore o uguale a 1 m. In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma vigente e dagli eventuali regolamenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

La costruzione del cavidotto comporta, quindi, un impatto minimo per via della scelta del tracciato (in fregio alla viabilità), per il tipo di mezzo impiegato (un escavatore con benna stretta) e per la minima quantità di terreno da portare a discarica, potendo essere in gran parte riutilizzato per il rinterro dello scavo a posa dei cavi avvenuta. In aggiunta, la sua realizzazione avverrà senza comportare profondi movimenti di terra che possano alterare in modo sostanziale e/o stabilmente il profilo del terreno. Per quanto attiene la posa di cavi Mt interrati a margine di strade esistenti si precisa che, al termine dell'esecuzione dei lavori, si provvederà al ripristino della situazione ante operam delle carreggiate stradali; perciò gli interventi previsti non determineranno alcune modifiche territoriali o modifiche dello stato fisico dei luoghi.

- **Fondazioni dell'aerogeneratore**

La struttura di fondazione sarà del tipo a plinto in calcestruzzo armato su pali trivellati a sezione circolare, disposti nei vertici e in corrispondenza delle sezioni mediane del plinto; il sistema dovrà essere adeguatamente proporzionato in modo da assorbire e trasmettere al terreno carichi e sollecitazioni prodotte dalla struttura sovrastante.

La sovrastante torre, a sezione tubolare, sarà resa solidale alla fondazione mediante un collegamento flangiato dato da una gabbia circolare di tirafondi, anch'essi in acciaio, inglobati nella stessa fondazione all'atto del getto. Il dado sarà completamente interrato o ricoperto dalla sovrastruttura in materiale arido della piazzola di servizio. La fondazione sarà costituita da una piastra tronco conica avente diametro e altezza complessiva di idonee dimensioni.

All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

- **Piazzola aerogeneratore**

Per consentire il montaggio dell'aerogeneratore dovrà predisporsi, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una idonea superficie. Invece, per quanto riguarda le aree temporanee, necessarie solo per il tempo sufficiente al montaggio della macchina, saranno predisposte delle aree appunto temporanee a seconda dei casi, subito adiacenti a quelle definitive, per lo stoccaggio temporaneo delle pale e del resto delle componenti della navicella, dei conci di torre e di ulteriori componenti e attrezzature necessari al montaggio. A montaggio ultimato queste aree, ad eccezione della piazzola definiva, verranno riportate allo stato ante operam prevedendo il riporto di terreno vegetale per favorire la crescita di vegetazione spontanea. Verrà invece mantenuta la piazzola definiva, per la quale bisognerà provvedere a tenerla sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione delle macchine.

- **Viabilità di accesso al sito**

L'accesso al sito eolico è garantito da strade provinciali e/o comunali; le strade che collegheranno i rami dell'impianto alla WTG di progetto saranno create ex-novo. I cavidotti in media tensione di collegamento tra la cabina di sezionamento e la stazione elettrica di consegna (SE di utenza) saranno interrati lungo la sede viaria di strade vicinali e/o comunali esistenti così come la porzione di cavidotto AT che realizzerà l'interconnessione tra la Stazione di Utenza (SE) e la Stazione di Rete (SSE). Nei tratti di viabilità esistente, quando necessari, saranno previsti adeguamenti del fondo stradale per tutto il tratto che conduce all'impianto. I tratti stradali di nuova costruzione, che si realizzeranno per il collegamento della viabilità esistente alla piazzola

di montaggio della WTG, saranno del tipo "strade bianche", con strato di fondazione e di usura in pietrame, senza alcuna stesura di calcestruzzo o conglomerato bituminoso.

- **Viabilità di servizio**

La viabilità di servizio presente sarà adeguata alle nuove necessità e solo dove necessario ne verrà creata di nuova e utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere sia nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio.

Nella definizione del layout del nuovo impianto, quindi, è stata sfruttata la viabilità esistente sul sito (strade comunali, provinciali e vicinali, carrarecce, sterrate, piste, sentieri, ecc.), onde contenere gli interventi. Inoltre, in fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato in particolar modo il deflusso delle acque onde evitare innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità e turbamento del regime delle acque.

Le strade, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del territorio evitando eccessive opere di scavo e riporto. La sezione stradale sarà realizzata in massicciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm.

- **Opere di ingegneria naturalistica**

Gli interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- *intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;*
- *ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;*
- *regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;*
- *ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.*

Pertanto, si prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento con materiali inerti come pietrame. L'area, dal punto di vista geomorfologico, è definita da dossi collinari di entità variabile. I deflussi sono comunque assenti per gran parte dell'anno. Gli interventi di ingegneria ambientale, all'interno dell'area del parco, sono minimi e serviranno per la regimentazione delle acque meteoriche, non si presentano condizioni di rischio frana o eccessiva erosione, anche e soprattutto per la natura del terreno.

Di seguito si elencano alcuni interventi che possono trovare riscontro nei lavori di consolidamento e regimentazione delle acque meteoriche all'interno del parco e lungo la viabilità esterna di accesso.

a) *Cunetta vivente*: saranno previste per tutta la lunghezza della viabilità interna e in alcuni tratti di maggior pendenza, dove le semplici cunette potrebbero essere destabilizzate dall'acqua e con esse la strada. In pratica, si realizza un fosso a sezione trapezoidale dove vengono sistemati sul letto e sulle pareti, uno accanto all'altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 fino ad 1 m (uno dall'altro) posti lungo le pareti del fosso. Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.

b) *Canalizzazioni in pietrame e legno*: nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto, che possono spesso causare solchi ed erosione puntuale, si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezoidale avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.

c) *Idrosemina e rivestimenti antierosivi*: le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica. Questa tecnica consente di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina consistono nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti. La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'intervento è adatto a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza.

- **Opere idrauliche**

La durabilità delle strade e della piazzola del parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche. La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti. Le scelte progettuali saranno condotte secondo principi di invarianza idraulica così da avere opere ad "impatto zero" sull'esistente reticolo idrografico, rispettando il regime idraulico ante operam e recapitando le acque superficiali presso gli impluvi ove naturalmente, oggi, sono convogliate. Il sistema di opere idrauliche, in uno con le caratteristiche della viabilità e delle piazzole del parco, non modificheranno né il reticolo di drenaggio esistente, né la risposta dei bacini per tutti gli aspetti che riguardano i meccanismi di formazione dei deflussi, di conseguenza non varieranno le caratteristiche di permeabilità e non si avranno praticamente variazioni della portata da scaricare.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalla piazzola o dalle superfici circostanti potranno essere raccolte ed allontanate dalle seguenti opere idrauliche:

- ✓ fossi di guardia in terra, eventualmente con fondo rivestito in pietrame;
- ✓ opere di dissipazione in pietrame;
- ✓ pozzetti in cls prefabbricato;
- ✓ arginello in terra;
- ✓ in fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche valutate caso per caso e a seconda dei risultati elaborati dalle relative indagini.

11.2 Compatibilità idrogeologica del progetto proposto

Per giungere a dimostrare la compatibilità geologica delle opere di progetto e per meglio inquadrarne gli aspetti d'impatto idrogeologico salienti, in modo da poter esprimere in maniera più compiuta un giudizio sulla sua compatibilità geologica, è necessario è necessario descrivere in maniera sintetica lo stato dei luoghi del territorio in esame ed effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, già precedentemente descritto, sia alla tipologia degli interventi che si intendono realizzare.

La caratterizzazione geomorfologica del territorio esaminato è stata effettuata individuando tutte quelle forme che consentono di caratterizzare i vari aspetti geomorfologici di un versante (rotture di pendio, solchi di erosione, terrazzi naturali e antropici, ecc.) che hanno permesso di individuare le forme denudazionali (erosionali e/o gravitative) e deposizionali, inquadrate nell'ambito del sistema crinale–versante–fondovalle, legate all'evoluzione più o meno recente del territorio nonché i processi che ne determinano il modellamento attuale.

Tale caratterizzazione ha messo in evidenza che nell'area di stretto interesse che sarà interessata dalla realizzazione del parco eolico non sono presenti fenomeni d'instabilità in atto, non ci sono versanti in equilibrio precario (in terre o in roccia) che possano essere interessati da fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi, come pure sono assenti terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua, che possano essere sottoposti a possibili rifluimenti parziali o generalizzati, a causa dei fenomeni di liquefazione.

I rilievi effettuati in campagna traggono, quindi, spiegazione dalle considerazioni sopra effettuate, e contemporaneamente le supportano come evidenze tangibili della loro coerenza.

In merito alle opere da realizzare come sopra descritte possono esprimersi le seguenti considerazioni:

1) per la realizzazione dell'aerogeneratore non sarà modificata la geometria dei luoghi con ingenti scavi e/o riporti, tagli, ecc., né saranno create neosuperfici esposte ad elevata pendenza: ciò si traduce nell'eliminazione di un ben noto fattore d'innesco di movimenti franosi dei terreni di copertura;

2) i carichi dello stesso aerogeneratore saranno trasferiti tramite fondazioni profonde ai terreni più consistenti del substrato geologico locale: in tal modo non si creano disequilibri di masse lungo il versante e di conseguenza non si determina un aumento della pericolosità da frana del territorio;

3) nello stesso tempo, gli interventi previsti non producono condizioni di concentrazione di deflusso superficiale tali da innescare processi di erosione e denudazione che possano evolvere in reali dissesti e, nello stesso tempo, non costituiscono ostacolo ai deflussi attualmente in essere nella zona;

4) gli scavi previsti per l'alloggiamento del cavidotto, per altro di minima entità, saranno realizzati per la maggior parte su tracciati stradali esistenti, per cui non peggiorano le condizioni di pericolosità idrogeologica attualmente presenti nel territorio.

Tanto premesso, ed alla luce degli interventi di progetto che ricadono nelle aree a pericolosità e rischio da frana (alcuni tratti del cavidotto interrato), è utile ricordare che il progetto proposto è un'opera di interesse pubblico riferita ad un servizio pubblico essenziale non delocalizzabile.

Sicuramente rispetto al progetto proposto non esistono alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili perché il percorso individuato per il cavidotto è l'unico che consente di allacciare l'aerogeneratori alla sottostazione utente individuata.

È da segnalare, poi, che la suddetta opera di interesse pubblico risulta sicuramente coerente con la pianificazione degli interventi di emergenza di protezione civile, in quanto con essi non interferisce in alcun modo e, per la sua realizzazione, non si ravvisa la necessità di realizzare preventivamente o contestualmente idonee opere di mitigazione del rischio esistente essendo lo stesso cavidotto, completamente interrato e per la quasi totalità su tracciati di strade esistenti, quindi non capace di ostacolare il normale deflusso delle acque in superficie ed in alveo, né tanto meno può essere coinvolto da eventuali fenomeni franosi perché sufficientemente interrato e protetto.

Per i motivi fin qui considerati è possibile esprimere valutazioni positive sulla compatibilità degli interventi da realizzare con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto gli stessi non pregiudicano la stabilità attuale della zona e sono da considerarsi, appunto, compatibili dal punto di vista idrogeologico con la situazione di pericolosità e di rischio da dissesti di versante attualmente sostenibile dal territorio. In definitiva, tutte le opere di progetto non interferiranno sull'assetto idrogeologico attuale del territorio in esame risultando pienamente in linea con il dispositivo vincolistico e tecnico del PAI varato dall'Autorità di Bacino competente, in quanto:

- *non peggiorano le condizioni di sicurezza attuali del territorio e di difesa del suolo;*
- *non costituiscono un fattore di aumento del rischio da dissesti di versante e/o elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione definitiva delle specifiche cause di rischio esistenti;*
- *non pregiudicano eventuali interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;*
- *non si producono modifiche sull'assetto morfologico, planimetrico ed altimetrico degli alvei;*
- *sono garantite le condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alle condizioni di pericolosità idrogeologica attualmente sostenibili dal territorio in cui si inserisce.*

Il processo di verifica, valutazione e stima della compatibilità geologica dell'intervento, sommariamente ripercorso in queste pagine, ha portato a stabilire che essa è, appunto verificata, stimata e valutata rispetto allo stato attuale, in quanto non si sono ravvisati condizioni geologiche tali da compromettere la realizzabilità dei lavori di progetto.

In conclusione, i risultati dello studio di compatibilità geologica effettuato sui diversi aspetti geomorfologici, idrogeologici e geolitologici del sito in esame permette di affermare che gli interventi proposti sono in linea con il disposto delle misure di salvaguardia dell'Autorità di competenza territoriale, rientrando, a tutti gli effetti, tra gli interventi adottabili, in quanto non interferiscono con i dissesti idrogeologici presenti o potenziali dell'area e soprattutto non creano nuove condizioni di rischio attualmente sostenibili dal territorio, così come richiesto dalle Norme di Attuazione e Prescrizioni di Piano.

Tutte queste considerazioni, associate alle conoscenze geologiche acquisite nel corso dello studio di dettaglio eseguito, consentono di affermare che l'area in esame rientra in un territorio che per le sue generali condizioni risulta idoneo ad accogliere i lavori di progetto, che verranno messi in atto adottando tutti gli accorgimenti necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza delle opere.

A valle del presente studio, viste le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche delle aree esaminate, e per i motivi fin qui considerati, è possibile affermare che il progetto denominato "*Parco eolico TRYNYTY 01 (2,5 MW) in località Naso di Gatto del Comune di Savona*", *è da considerarsi compatibile con le condizioni di pericolosità e di rischio idrogeologico attualmente presenti nel territorio esaminato in quanto non altera l'equilibrio idrogeologico dell'area in cui si inserisce e dell'ambito geomorfologico di riferimento*.

12. Campagna di indagini geognostiche previste per il progetto esecutivo

La progettazione prevede l'installazione di un aerogeneratore di grande dimensione ed altezza che dovrà essere adeguatamente fondato al fine di garantire idonea stabilità allo stesso ai fini statici, dinamici connessi alle sollecitazioni del vento, nonché sismici imposti dalla risposta microsismica del sito di installazione. L'aerogeneratore sarà poi collegato dal un cavidotto di raccolta e trasferimento dell'energia prodotta fino alla sottostazione di consegna dell'energia.

La caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica inerente a questa fase progettuale si è basata sull'analisi di indagini disponibili realizzate in aree limitrofe a quella in esame e su terreni appartenenti alle medesime formazioni geologiche.

Nella successiva fase progettuale esecutiva, sulla base delle generali caratteristiche geologiche, strutturali, geomorfologiche ed idrogeologiche e simiche dell'areale di progetto dovranno essere realizzati i seguenti accertamenti geognostici investigativi di dettaglio, al fine di garantire alla progettazione la idonea sicurezza:

1. realizzazione di n°1 perforazione di sondaggio con carotaggio in continuo del sottosuolo, approfondita fino a quote di 35 metri dalla superficie, in corrispondenza della postazione dell'aerogeneratore, al fine di definire in maniera puntuale la successione litostratigrafica del sito e di effettuare prove geotecniche e prelievo di campioni per le caratterizzazioni geotecniche in laboratorio autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici;

2. installazione di n°1 piezometro a tubo aperto da installarsi nel foro di sondaggio al fine di monitorare l'assetto idrogeologico sotterraneo del suolo di progetto;

3. esecuzione di n°5 prove S.P.T. in foro di sondaggio;

4. prelievo di n°3 campioni di terreno indisturbati con campionatore sottile Shelby;

5. analisi presso laboratorio geotecnico autorizzato dal Ministero LL.PP. dei campioni di terreno prelevati, per la determinazione dei parametri fisici e meccanici delle varie unità litologiche presenti.

La perforazione dovrà essere caratterizzata dalle seguenti modalità operative:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei suoli attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati di terreno in numero di due per ciascun sondaggio;
- prove geotecniche di laboratorio sulle singole unità litostratigrafiche presenti;
- esecuzione di prove geotecniche e geomeccaniche in foro;
- determinazione della eventuale presenza di falde sotterranee e loro relativa quota piezometrica e soggiacenza, se presente;
- rilievi e monitoraggio in fase di perforazione dei parametri di perforazione (resistenza all'avanzamento, perdita di fluidi di circolazione, usura corone diamantate, coppia di

perforazione) con finalità di accertamento geotecnico della competenza geomeccanica dei singoli livelli attraversati.

Attrezzature di perforazione

Per l'esecuzione del sondaggio dovranno essere utilizzate macchine dotate di sonda a rotazione sia di tipo gommato che cingolato in funzione delle difficoltà tecnico-operative di accesso ai terreni e come dettate dalle locali condizioni morfotopografiche e di imbibizione idrica dei terreni.

Utensili di perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita a rotazione e "carotaggio continuo" con aste e carotiere, utilizzando carotieri semplici del diametro di 101 mm e rivestimenti del diametro di 127 mm.

Prove geotecniche in foro

Nel corso della perforazione di sondaggio si dovrà procedere, altresì, all'esecuzione di prove con penetrometro tascabile sulle carote estratte dal carotiere, allo scopo di avere una prima stima delle caratteristiche geotecniche dl materiale, e prove S.P.T. nei fori di sondaggio.

Analisi di laboratorio geotecnico

Nel corso della perforazione di sondaggio si dovrà procedere al prelievo di campioni di suolo in fase di perforazione tramite campionatore a pareti sottili di tipo Shelby. Dovranno essere prelevati almeno n°3 campioni di suolo da ciascun sondaggio eseguito. Il prelievo dei campioni sarà effettuato in modo da caratterizzare le unità litostratigrafiche ritenute importanti ai fini geotecnici per l'appoggio degli aerogeneratori. I campioni prelevati in tal modo, subito dopo il loro prelievo, saranno sigillati in modo da evitare perdita di umidità e quindi rappresentatività della prova da compiersi sui medesimi nel medesimo campionatore utilizzato per il prelievo tramite paraffina liquidificata ed inviati nella medesima giornata al

Le prove geotecniche sui singoli campioni dovranno essere eseguite da laboratorio geotecnico autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti. Su ciascun campione dovranno essere effettuate le seguenti prove di caratterizzazione:

- determinazione della massa volumica mediante fustella e pesata;
- determinazione del peso specifico dei granuli;
- determinazione del peso di volume secco e saturo;
- determinazione dell'indice dei vuoti, della porosità e del grado di saturazione;
- determinazione della resistenza alla punta con pocket penetrometer;
- analisi granulometrica per via secca per vagliatura;
- analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro;
- determinazione dei limiti di plasticità e liquidità;
- prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati;
- prova triassiale UU o prova di compressione uniassiale
- prova di espansione laterale libera.

Postiglione, Marzo 2025

Il Geologo
dott. Antonio Viggiano



Il Geologo
dott. Mattia Lettieri

