Regione Liguria	Comune Cairo Montenotte	Comune Savona	Provincia Savona

Parco eolico Pian del Melo - 9 MW

Relazione geologica di compatibilità idrogeologica e di modellazione sismica

REL. 16

Progetto definitivo
Comuni Cairo Montenotte e Savona
Località Pian del Melo
Rev. 01 - Ottobre 2025
Scala

Danilo Grossi 05.11.2025 17:33:21 GMT+01:00

IL PROGETTISTA

Bissi Marco 05.11.2025 18:36:41 GMT+02:00

BH Wind s.r.l.

Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163

www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Bissi Holding S.p.A.

GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

COMUNI DI CAIRO MONTENOTTE - SAVONA

PROVINCIA DI SAVONA

PARCO EOLICO PIAN DEL MELO 9 MW



RELAZIONE GEOLOGICA di COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

novembre 2025

COMMITTENTE: **BH Wind s.r.l.**
Via Zara 5
23100 SONDRIO (SO)

Geologo Danilo Grossi

INDICE

1 - PREMESSA 3

2 – INTERVENTI IN PROGETTO 4

3 – CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA GENERALE DELLA ZONA D'INTERVENTO 6

3.1. – Inquadramento geologico e geomorfologico generale 6

3.2. – Inquadramento idrogeologico generale 10

4 – CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICHE ZONA PIAZZOLE ED INDICAZIONI PROGETTUALI 11

4.1. – Piazzola WTG02 11

4.2. – Piazzola WTG03 13

5 – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DISSESTO 16

5.1. – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale 16

5.2. – Carta PAI dissesti: Rischio - Appennino Settentrionale 18

5.3. – Carta PAI dissesti: aree franose 20

5.4. – Carta Pericolosità PUC Savona 21

6 – VERIFICA CARTA DI ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E DI SUSCETTIVITÀ D'USO 22

7 – VERIFICA CARTA DEI VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO 23

8 – CLASSE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO 24

9 – SISMICITÀ DELL'AREA 24

9.1. – Classificazione sismica comunale 24

9.2. – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica 25

9.3. – Indagine sismica con metodologia HVSR e definizione $V_{s,eq}$ 27

10 – CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA PRELIMINARE 32

11 – PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE PER GLI AEROGENERATORI 32

12 – CABINA DI CONSEGNA 33

13 – AREA DEPOSITO TEMPORANEO TERRENI DI SCAVO 34

14 – CAVIDOTTI 38

1 - Premessa

Il presente lavoro, eseguito su incarico della **Società BH Wind s.r.l.** di Sondrio (SO), costituisce la Relazione Geologica preliminare realizzata a supporto del *Progetto del nuovo "PARCO EOLICO PIAN DEL MELO 9 MW* - nei comuni di Cairo Montenotte e Savona (SV). Si tratta di una revisione migliorativa di un progetto precedentemente presentato, che prevedeva n. 3 aerogeneratori, con la finalità di ridurre il potenziale impatto ambientale e recepire le osservazioni e i contributi espressi, in fase di istruttoria, dai vari enti coinvolti.

Nell'ambito della presente relazione è stata effettuata una prima *"caratterizzazione e modellazione geologica, sismica e geotecnica del sito"*, volta alla ricostruzione preliminare dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, ai fini della verifica della "fattibilità geologica" delle opere in progetto e della definizione delle modalità d'intervento ritenute più idonee in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei siti.
Le successive fasi di progettazione dovranno essere precedute da idonee indagini geognostiche e sismiche in sito, mediante sondaggi a carotaggio continuo ed indagini geofisiche, volte alla definizione litostratigrafica e geotecnica dei terreni e geomeccanica dell'ammasso roccioso, finalizzata alla progettazione e dimensionamento strutturale degli interventi. La presente relazione geologica è stata prodotta secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di opere edificatorie e più precisamente:

- **D.M. 17/01/2018 -** N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni)
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018. Circolare 21 gennaio 2019
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale - Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- **Leggi Regionali e Comunali** - in materia di pianificazione e vincolo idrogeologico
- **PAI** - Autorità di Bacino.

Le informazioni e le cartografie riportate nella presente relazione sono state tratte da:

- Comune di Savona: Sito istituzionale https://www.comune.savona.it/it/aree-tematiche/pianificazione-territoriale/piano-urbanistico-comunale-puc-2/descrizione-fondativa-puc-2.html
- Comune di Cairo Montenotte: Sito istituzionale: https://geoportale.sportellounicodigitale.it/GisMaster/Default.aspx?IdCliente=009015&IdSer=1
- Regione Liguria: Geoportale – catalogo mappe https://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html#
- Provincia di Savona Geoportale – https://www.provincia.savona.it/cartografia
- ISPRA ambiente progetto CARG – carta geologica Foglio 228 Cairo Montenotte – https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/228_CAIRO_MONTENOTTE/Foglio.html
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale: – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale; https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112

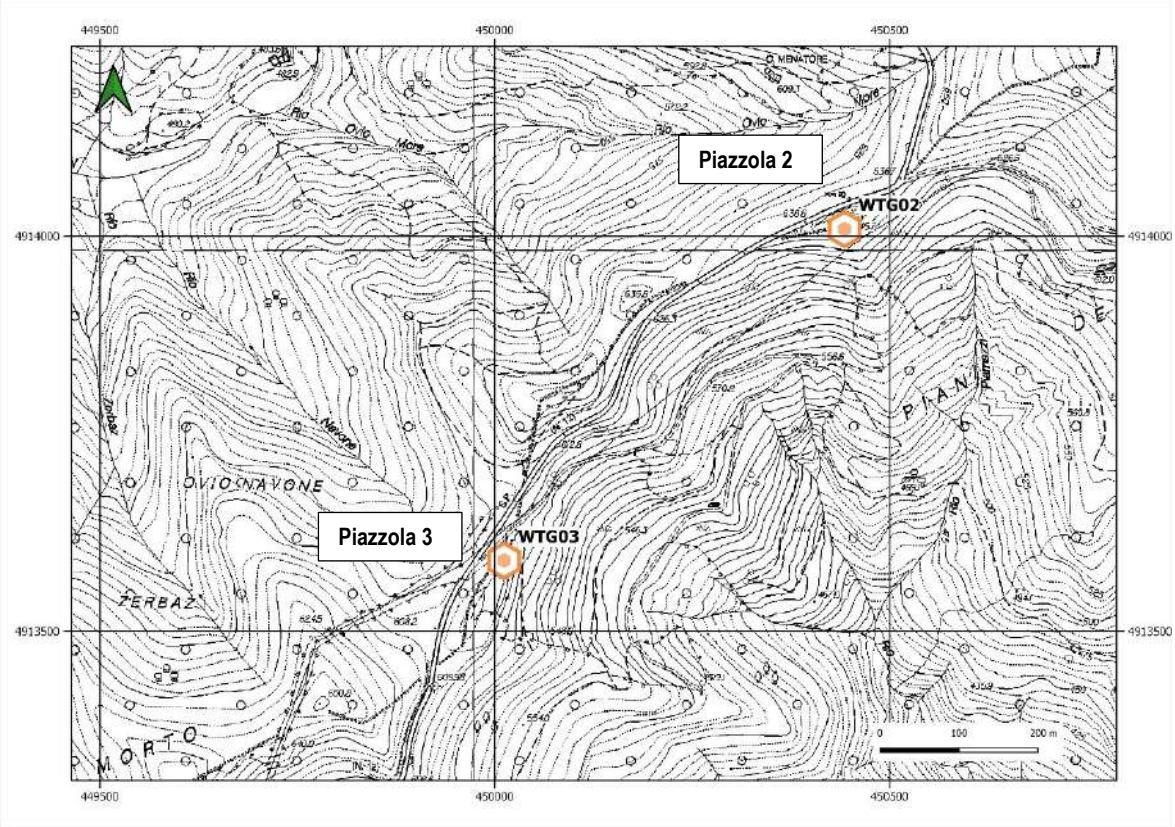
2 – Interventi in progetto

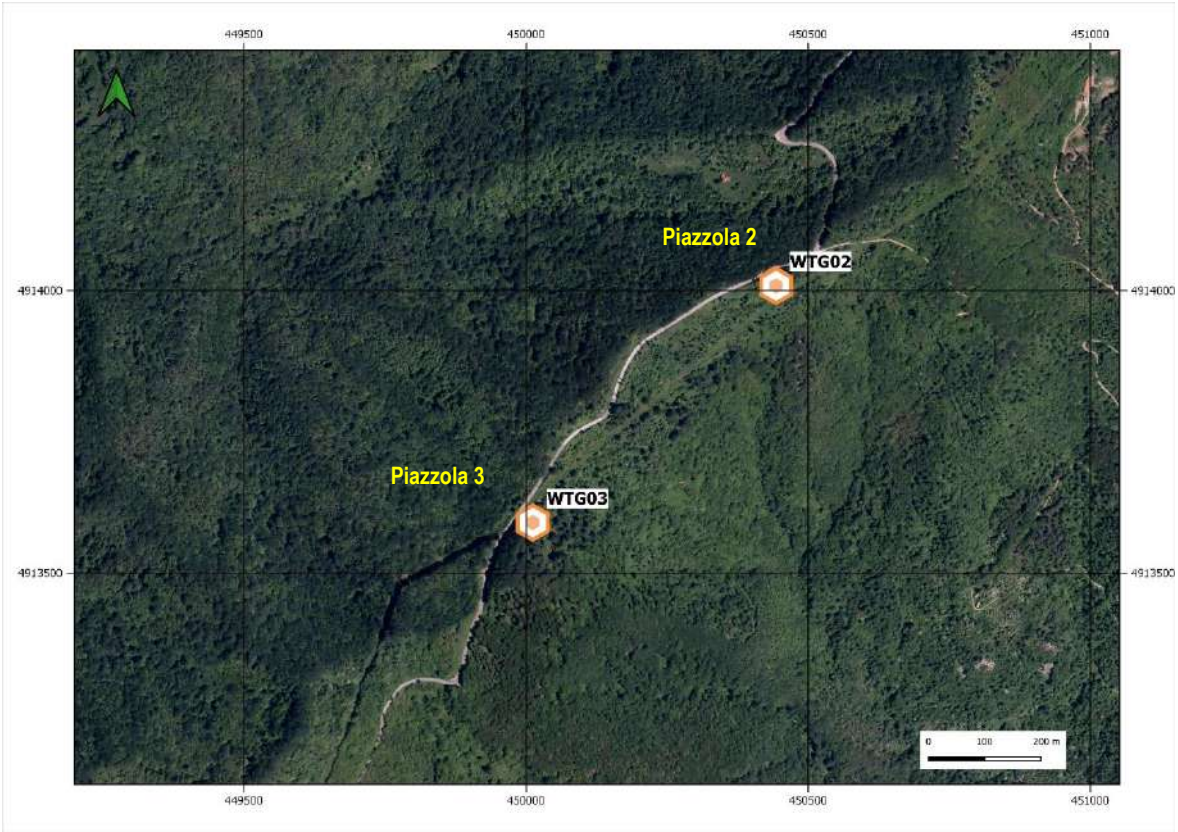
Gli interventi in progetto prevedono la realizzazione di un nuovo impianto eolico costituito da due aerogeneratori dalla potenza nominale superiore a 4,00 MW cadauno, per una potenza di immissione complessiva di 9,0 MW da realizzare nei comuni di Cairo Montenotte e Savona (SV) in corrispondenza di due differenti piazzole poste lungo il crinale del Pian del melo. Rispetto alla soluzione iniziale è stato eliminato l'aerogeneratore WTG01, la cui realizzazione prevedeva anche la formazione di un nuovo tratto di pista di accesso, mantenendo, invece, le due turbine WTG02 e WTG03 nelle posizioni originarie. In particolare, sono previsti i seguenti interventi:

- **Piazzola WTG02** – E' posizionata ad una quota media di 640-650 m slm, immediatamente a ridosso della strada provinciale SP 12. Il progetto prevede lo "spianamento" del piccolo dosso-crinale esistente, sino a portarlo circa a quota della strada, con formazione di terrapieno di riporto utilizzando il materiale di scavo;
- **Piazzola WTG03** – E' posizionata ad una quota media di 600-615 m slm, immediatamente a ridosso della strada provinciale SP 12. Il progetto prevede lo "spianamento" del piccolo dosso-crinale esistente, sino a portarlo circa a quota della strada, con formazione di terrapieno di riporto utilizzando il materiale di scavo;
- **Area di deposito temporaneo del materiale di scavo** – Servirà per il deposito temporaneo del materiale di scavo solo per il periodo strettamente necessario alla realizzazione dell'impianto; successivamente tale terreno verrà impiegato per la formazione delle due piazzole e si effettuerà la completa messa a ripristino del terreno. Si tratta di un'area pianeggiante, facilmente accessibile, attualmente adibita a piazzale sterrato e già precedentemente destinata ad uso di cantiere nell'ambito dei lavori per l'impianto "Surite del Cuculo", posta a bordo strada circa a q. 450 m slm;
- **Cabina di consegna** – Verrà posizionata presso WTG02 sfruttando la piazzola che si verrà a creare per l'aerogeneratore.
- **Cavidotto** – Il cavidotto di consegna e di collegamento tra i due aerogeneratori verrà posato interrato lungo la viabilità esistente.

In questa fase progettuale, in attesa dei risultati delle indagini geognostiche e sismiche che andranno realizzate successivamente, si ipotizza una fondazione del palo mediante un plinto circolare in c.a., con diametro 17 metri, posto ad una profondità di almeno 2,0 m÷3,0 m dall'attuale piano di campagna, ed ancorato al substrato roccioso mediante una corona di micropali disposti a radice. In fase di realizzazione dell'impianto verrà predisposta un'area logistica di cantiere con le seguenti funzioni: stoccaggio materiale e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze e alle figure deputate al controllo della realizzazione dell'impianto. L'area di cantiere è temporanea e sarà smantellata al termine dei lavori di costruzione dell'impianto.

COROGRAFIA GENERALE





3 – Caratterizzazione geologica ed idrogeologica generale della zona d'intervento

3.1. – Inquadramento geologico e geomorfologico generale

L'area interessata dagli interventi in progetto è posizionata lungo un evidente crinale che, in direzione SW-NE rappresenta lo spartiacque tra il bacino del Torrente Letimbro a sudest e il bacino del Torrente Bormida di Spigno a nordovest.

Si tratta di un tipico crinale con linea di cresta ben arrotondata, colonizzata dal bosco e caratterizzata da uno strato superficiale di depositi eterogranulari grossolani, costituiti da una ghiaia con ciottoli ben arrotondati e con diametri da decimetrici a pluridecimetrici, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa mediamente addensata; si tratta, con tutta probabilità, dei depositi eluvio/colluviali di alterazione della sottostante formazione rocciosa.

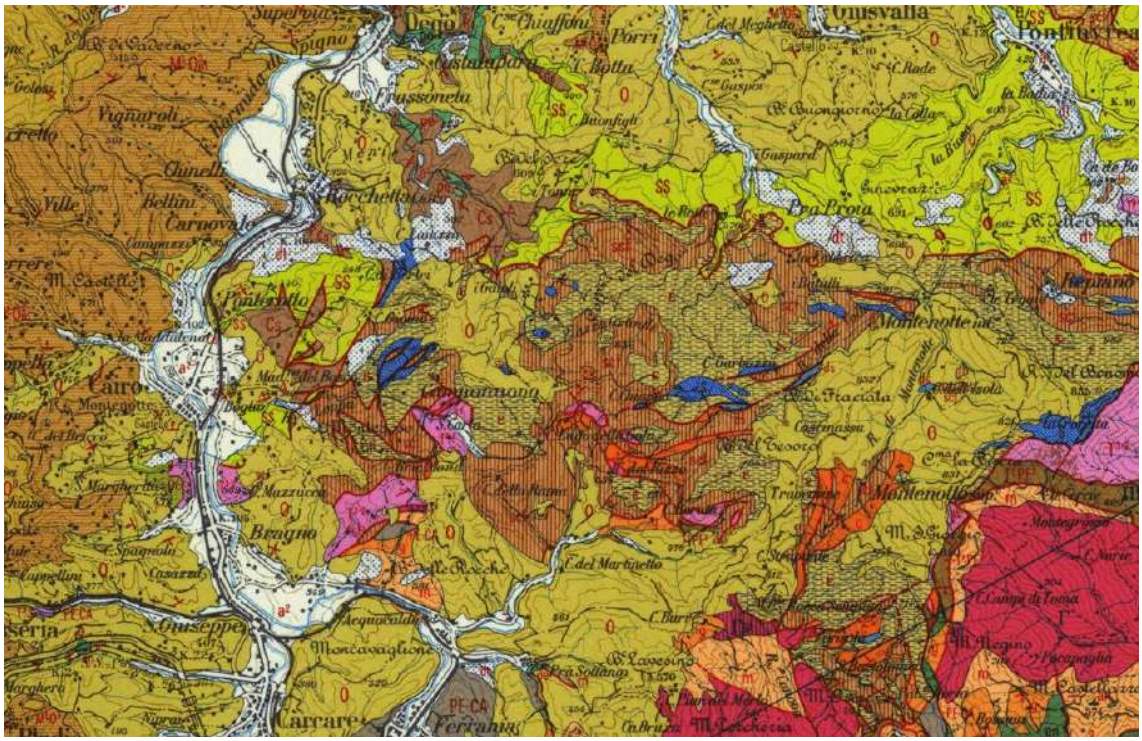
Il substrato roccioso, non affiorante all'interno delle aree d'intervento, è costituito dai Conglomerati della Formazione oligocenica di Molare – Bacino Terziario Piemontese – rappresentati da un "conglomerato mal selezionato con dimensioni molto varie (da qualche decimetro fino a 2 metri di diametro) a clasti poligenici e matrice arenacea grossolana in un cemento calcareo – CARG". Nelle foto 1 e 2 allegate viene illustrato un affioramento di conglomerato presente lungo la scarpata di monte della SP.12, poche decine di metri a valle della Piazzola 3.



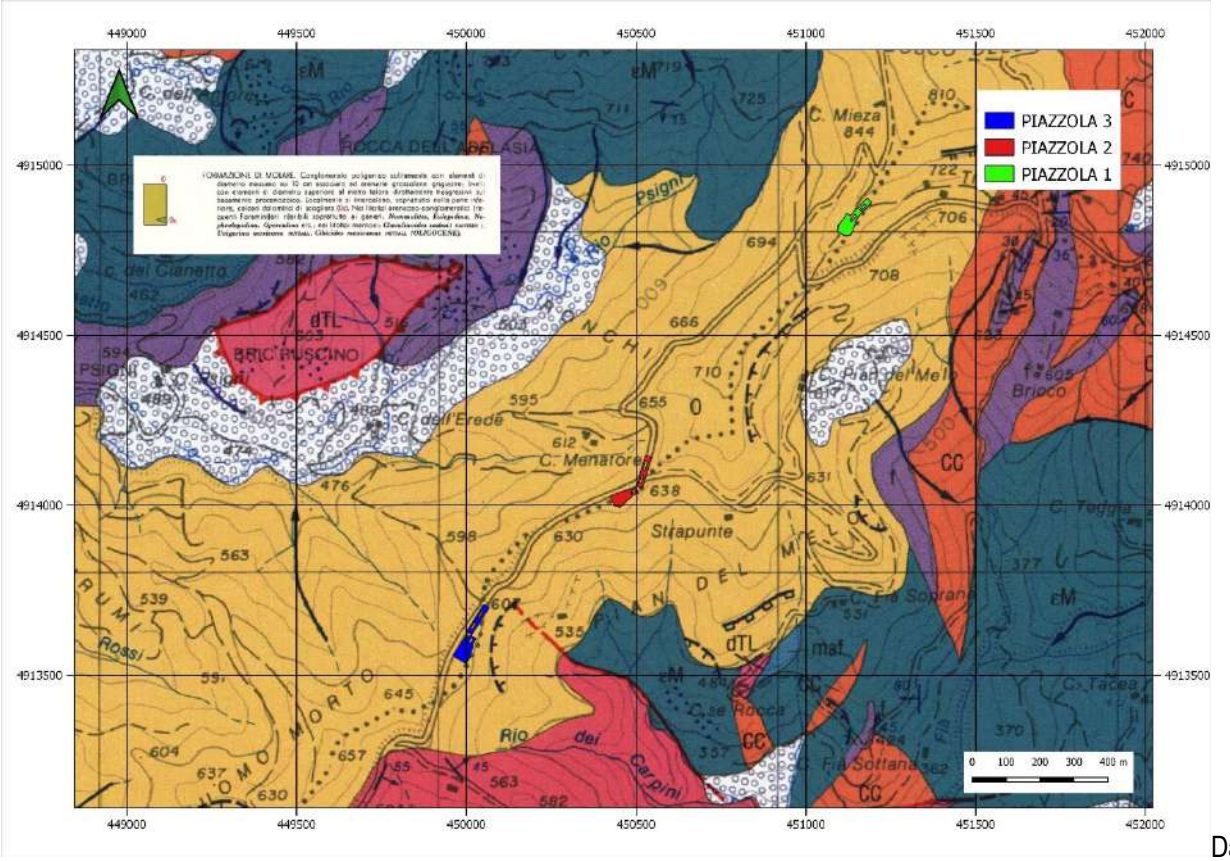
foto 1



foto 2

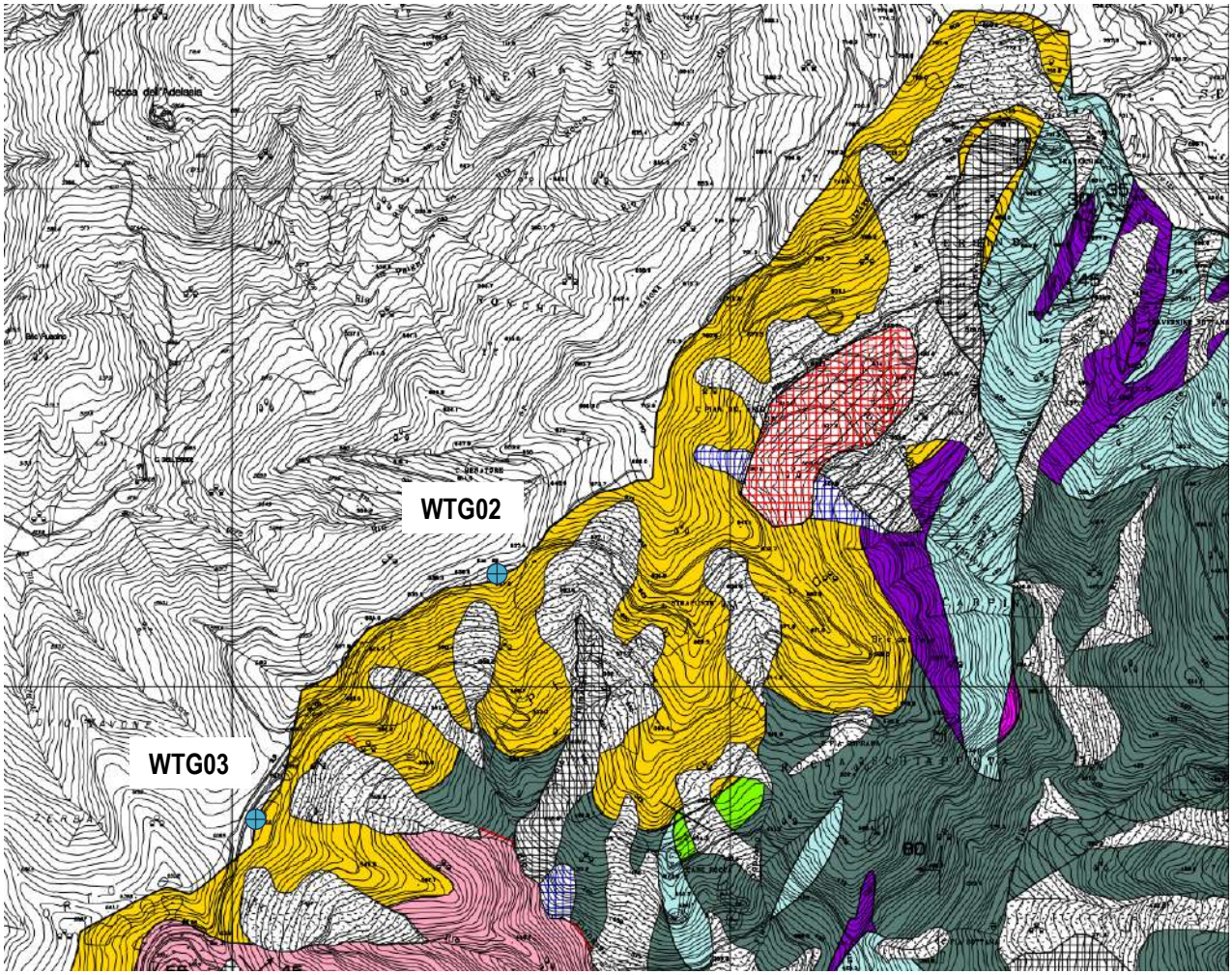


Estratto "Carta Geologica d'Italia" – Foglio CEVA n.81

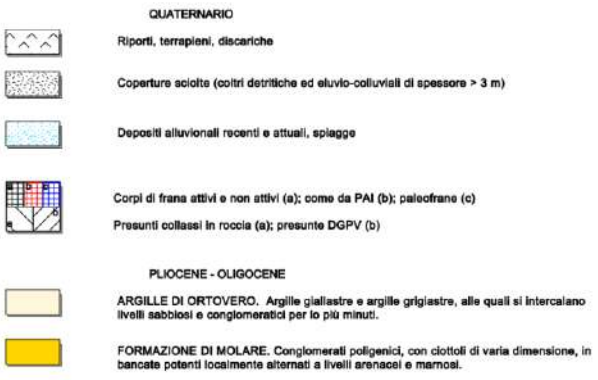


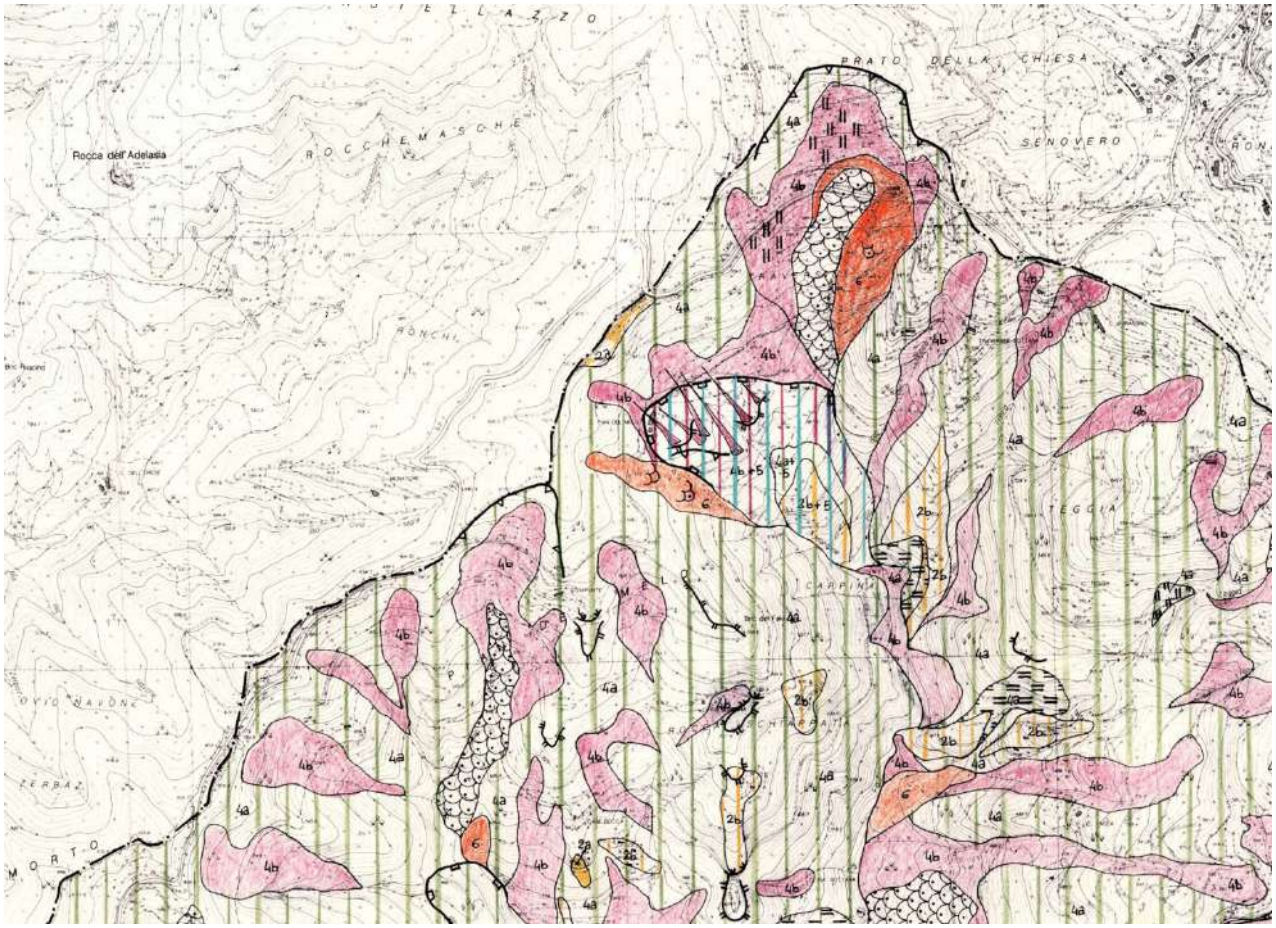
Dal

Estratto "CARG" – Foglio Savona

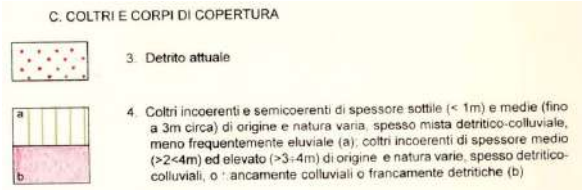


Estratto "Carta geologica con elementi di tettonica – Tavola DF G.7.2. del PUC di Savona"





Estratto "Carta geomorfologica – Tavola DF G.2.1. del PUC di Savona"



In accordo a quanto riportato nella carta geomorfologica del PUC di Savona il crinale interessato dalle opere in progetto risulta coperto da una "coltre incoerente e semicoerente, di spessore variabile da 1,0 m a 3,0 m, di origine mista detrito/colluviale.

3.2. – Inquadramento idrogeologico generale

A causa delle caratteristiche geomorfologiche dei siti, posizionati su dossi-crinali, nel corso dei sopralluoghi non si è rilevata la presenza di emergenze sorgentizie, di zone di ristagno idrico superficiale e/o di interferenze con reticoli di deflusso. Entrambe le piazzole 2 e 3, date anche le ridotte dimensioni del dosso, sono risultate completamente asciutte e ben drenate.

4 – Caratterizzazione geologiche zona piazzole ed indicazioni progettuali

4.1. – Piazzola WTG02

E' posizionata nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La piazzola verrà creata mediante il completo sbancamento di un dosso arrotondato, posto sul lato sudest della strada (foto 1 e 2), interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti, formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa mediamente addensata (foto 3 e 4); il substrato roccioso non affiora sulla sommità del dosso e/o lungo entrambi i versanti laterali, però, considerando la morfologia del rilievo e le profondità massime di scavo si ritiene probabile che parte dello stesso possa raggiungere la roccia (conglomerato della Formazione di Molare). A fine lavori si procederà alla parziale messa a ripristino della piazzola con ricreazione del dosso, con funzioni di mascheratura, utilizzando il materiale di scavo; verrà mantenuta una piccola area pianeggiante alla base dell'aerogeneratore con una pista di accesso che si collega alla viabilità esistente.



Foto 1 – dosso che verrà sbancato per la formazione della piazzola



Foto 2 – parte superiore del dosso, caratterizzato da una morfologia subpianeggiante





Foto 3 e 4 – in mancanza di indagini in sito la caratterizzazione litostratigrafica e granulometrica dei terreni di copertura è stata effettuata mediante l'esame visivo delle scarpate di scavo presenti lungo la strada provinciale.

Il plinto di fondazione della torre dell'aerogeneratore verrà posizionato nella parte centrale della piazzola con la sagoma planimetrica interamente incassata al di sotto della linea dell'andamento del piano di campagna attuale, così da garantire l'imposta uniforme nei terreni o substrato roccioso in posto, evitando di poggiare parte della struttura su materiali di riporto.

4.2. – Piazzola WTG03

E' posizionata nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La piazzola verrà creata mediante sbancamento della parte nord di un dosso arrotondato, posto sul lato sudest della strada (foto 5), interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti, formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa mediamente addensata (foto 6); il substrato roccioso, qui costituito dai conglomerati della Formazione di Molare, non affiora sulla sommità del dosso e/o lungo entrambi i versanti laterali ma lungo la scarpata di monte della Strada Provinciale (foto 7) circa 140 m a SSW. Considerando la morfologia del rilievo e le profondità massime di scavo, si ritiene probabile che parte dello stesso possa raggiungere la roccia. A fine lavori si procederà alla parziale messa a ripristino della piazzola con ricreazione del dosso-crinale, con funzioni di mascheratura, utilizzando il materiale di scavo; verrà mantenuta una piccola area pianeggiante alla base dell'aerogeneratore con una pista di accesso che si collega alla viabilità esistente

Il plinto di fondazione della torre dell'aerogeneratore verrà posizionato nella parte sud della piazzola con la sagoma planimetrica interamente incassata al di sotto della linea dell'andamento del piano di campagna attuale, così da garantire l'imposta uniforme nei terreni o substrato roccioso in posto, evitando di poggiare parte della struttura su materiali di riporto.



foto 5



Foto 6 – strato superficiale di copertura del dosso, costituito da terreni eterogranulari grossolani



Foto 7 – affioramento di "Conglomerato della Formazione di Molare" lungo la scarpata di monte della Provinciale, nelle vicinanze della Piazzola 3

5 – Pericolosità geomorfologica e dissesto

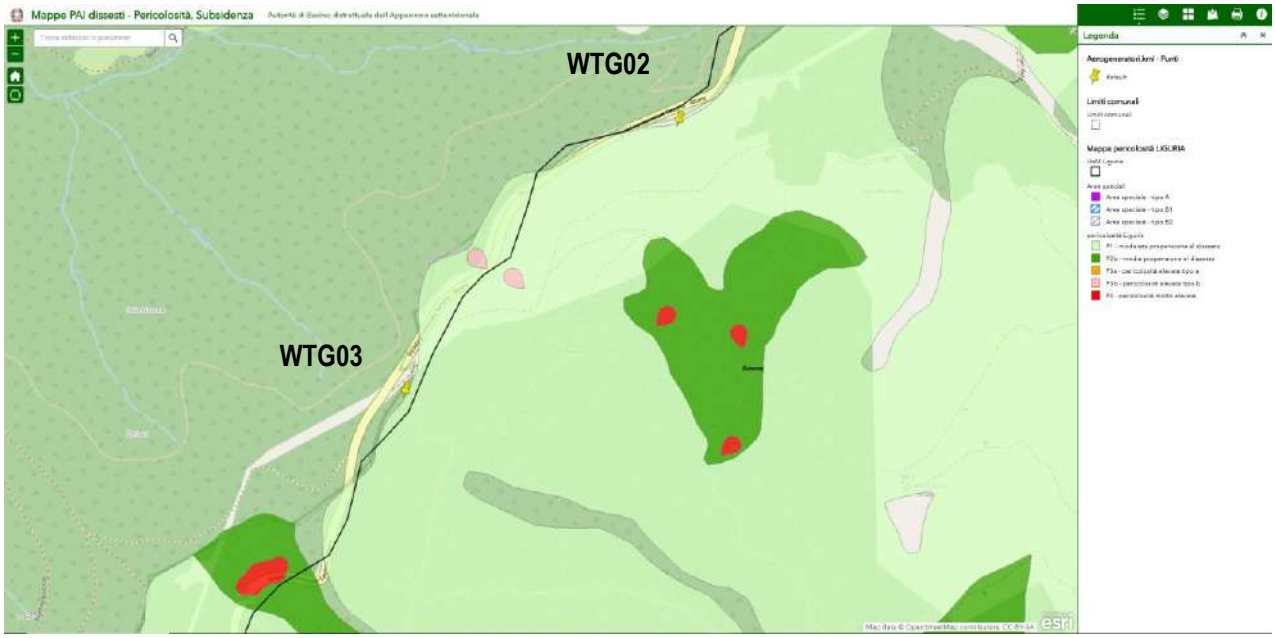
Per la definizione della Pericolosità geomorfologica e dissesto delle aree interessate dalle piazzole in progetto sono stati consultati i seguenti dati:

- Geoportale della Regione Liguria: Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - dgr 428/2021;
- Geoportale della Regione Liguria: P.A.I. – Piano Assetto Idrogeologico del Fiume Po';
- PUC del Comune di Savona: Carta della Pericolosità o della Predisposizione al dissesto – Tavola DF G.3.2
- Geoportale del Comune di Cairo Montenotte – Tematismo P.A.I. su CTR DB Liguria.
- Geoportale della Regione Liguria: P.d.B. rilievo regionale -Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico – P.d.B. rilievo regionale – Rischio Idraulico ed Idrogeologico
  - https://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html#
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale: – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale;
  - https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112

5.1. – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale

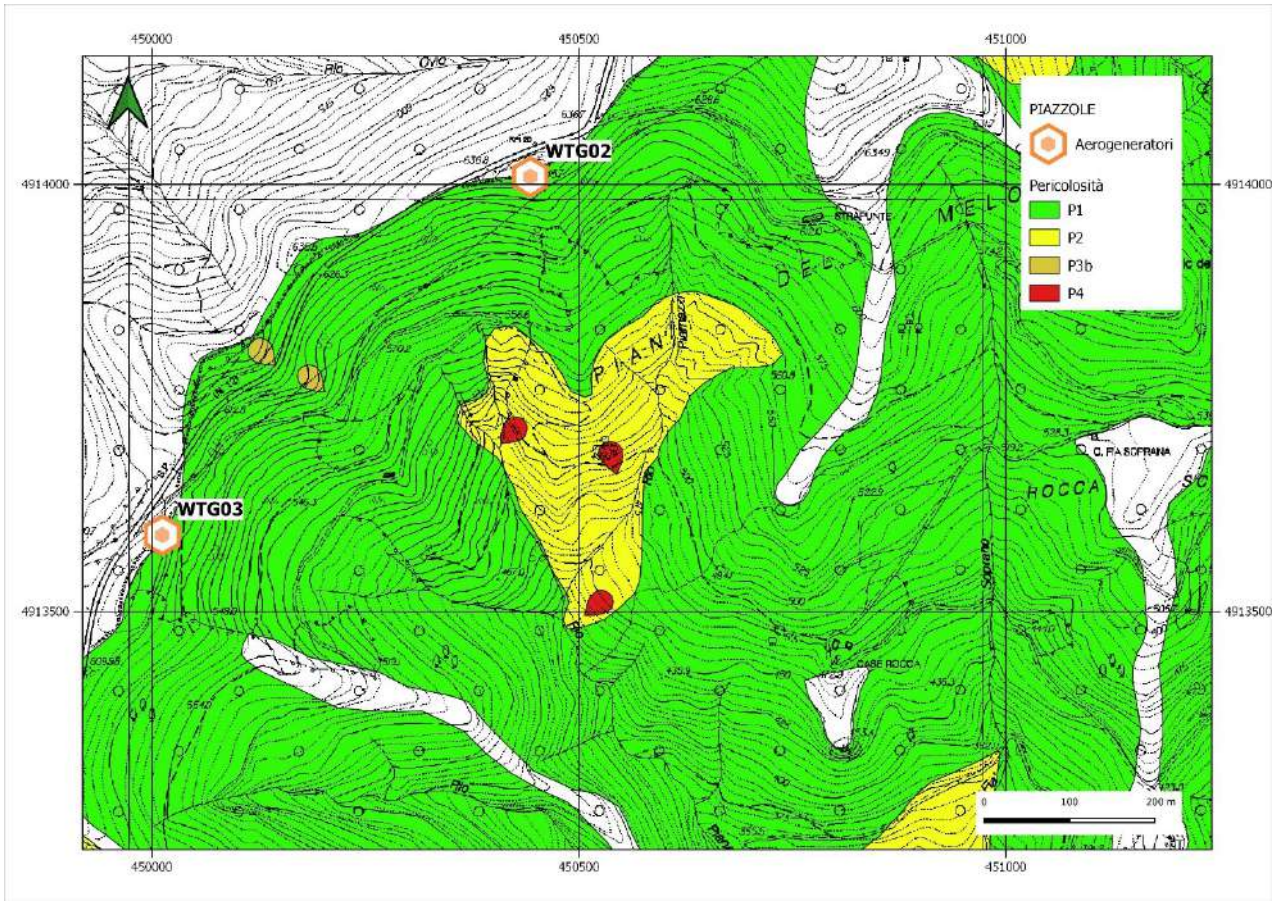
Il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (PAI dissesti) è lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di bacino distrettuale per la mappatura delle aree a pericolosità e per garantire livelli sostenibili di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica, privilegiando la difesa della vita umana, del patrimonio ambientale, culturale, infrastrutturale ed insediativo, da perseguire mediante misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino tali da fronteggiare e mitigare i fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

Il PAI dissesti è il Piano stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico previsto all'art. 67 del D.Lgs. 152/06 e sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89. La Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato con delibera n. 39 del 28 marzo 2024 in via definitiva il PAI dissesti e con delibera n. 40 del 28 marzo 2024 le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione dell'avviso di adozione sono entrate in entrate in vigore le misure di salvaguardia.



PAI - Carta pericolosità da geoportale Autorità di bacino

https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60



PAI - Carta pericolosità ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Banche dati geografiche PAI dissesti"

Dall'esame della nuova cartografia (art.6 - PAI dissesti):

WTG02 – ricade in zona a Pericolosità P1 moderata; - *aree stabili con suscettibilità da dissesti di natura geomorfologica moderata.*

WTG03 – ricade di poco all'esterno della zona a Pericolosità P1 moderata; - *aree stabili con suscettibilità da dissesti di natura geomorfologica moderata.*

Misure di salvaguardia

La Conferenza Istituzionale Permanente, con delibera n. 40 del 28 marzo 2024, ha adottato specifiche misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 comma 7 del d.lgs. 152/2006. In particolare (art.12 - PAI dissesti):

Art. 12 – Aree a pericolosità media (P2) e moderata (P1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Nelle aree *P2* e *P1* sono da privilegiare le tipologie di intervento previste dagli strumenti di governo del territorio che non determinino condizioni di instabilità e non modifichino negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nelle zone potenzialmente interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.

Relativamente alle opere in progetto si ritiene che le stesse, essendo posizionate in corrispondenza di aree con morfologia pianeggiante, alla sommità di dossi crinali in condizioni di stabilità e con fondazioni impostate, direttamente o indirettamente, nel substrato roccioso in posto, non vanno a determinare o generare situazioni di instabilità e non modificano negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nelle zone interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.

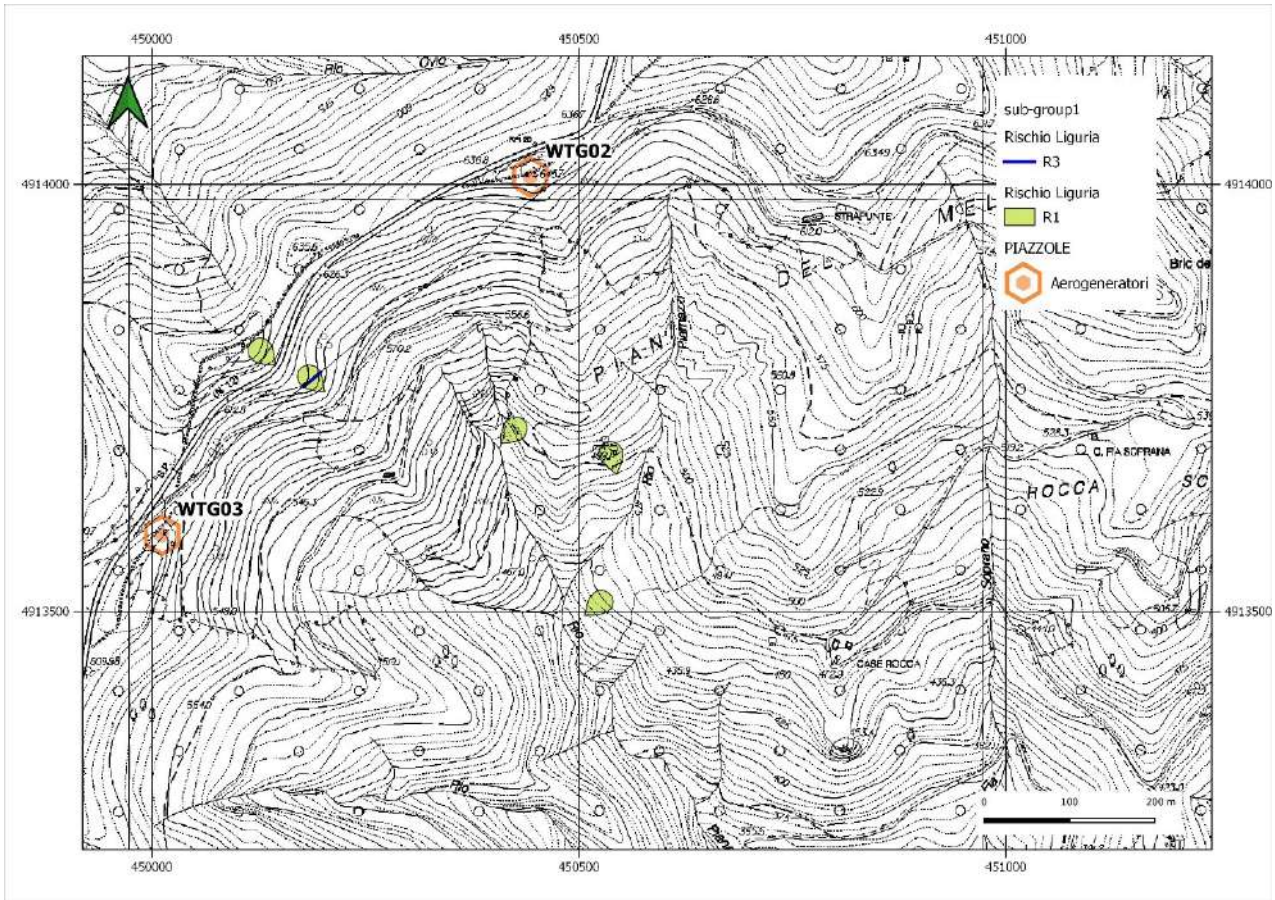
5.2. – Carta PAI dissesti: Rischio - Appennino Settentrionale

Le opere in progetto sono posizionate all'esterno di **Aree a Rischio** così come cartografate dal nuovo PAI dissesti.



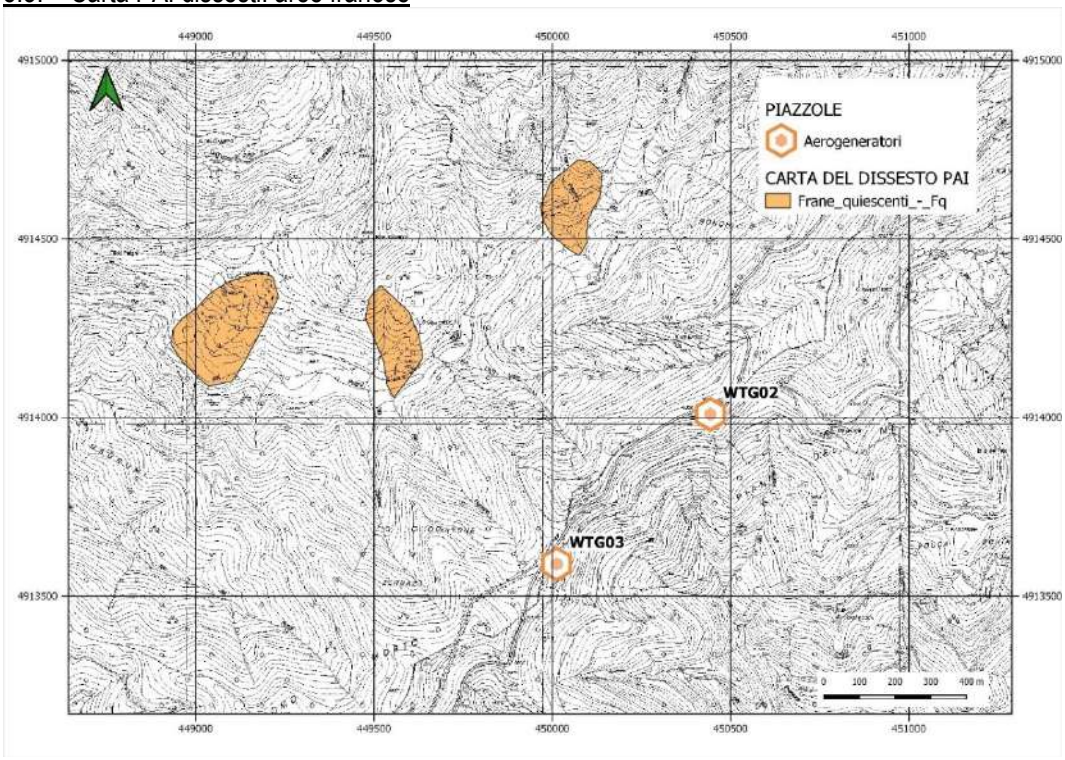
PAI - Carta del Rischio da geoportale Autorità di bacino

https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=70e8f2e00ecf429c94f80306ea51457f

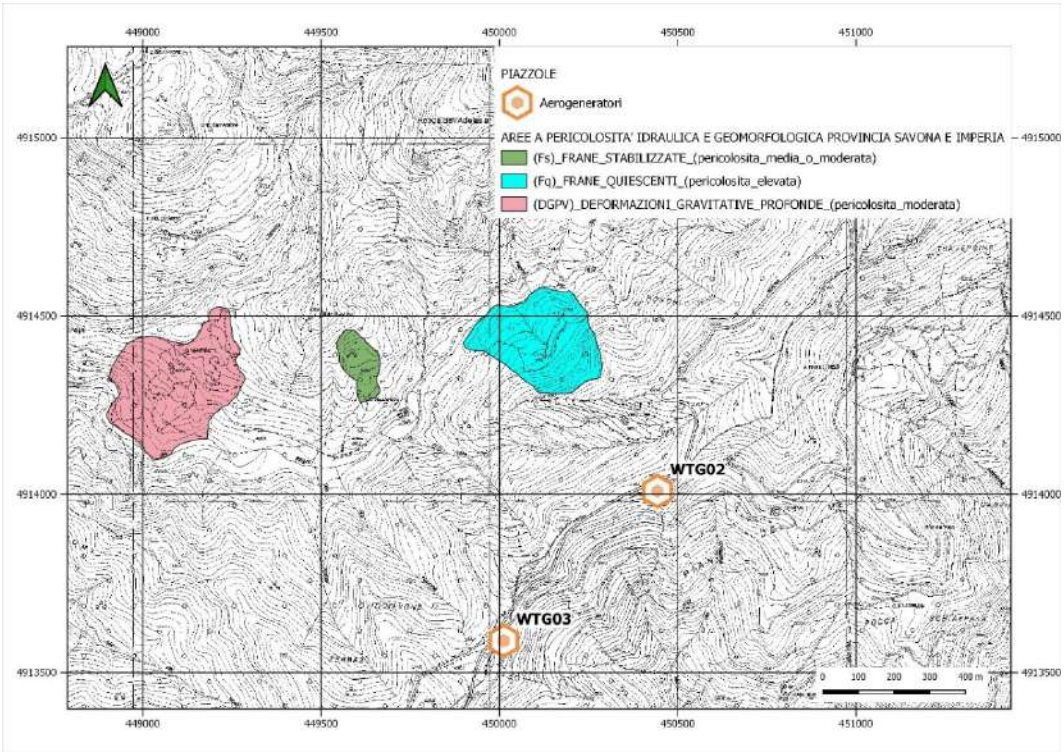


PAI - Carta Rischio ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Banche dati geografiche PAI dissesti"

5.3. – Carta PAI dissesti: aree franose



Estratto cartografia PAI

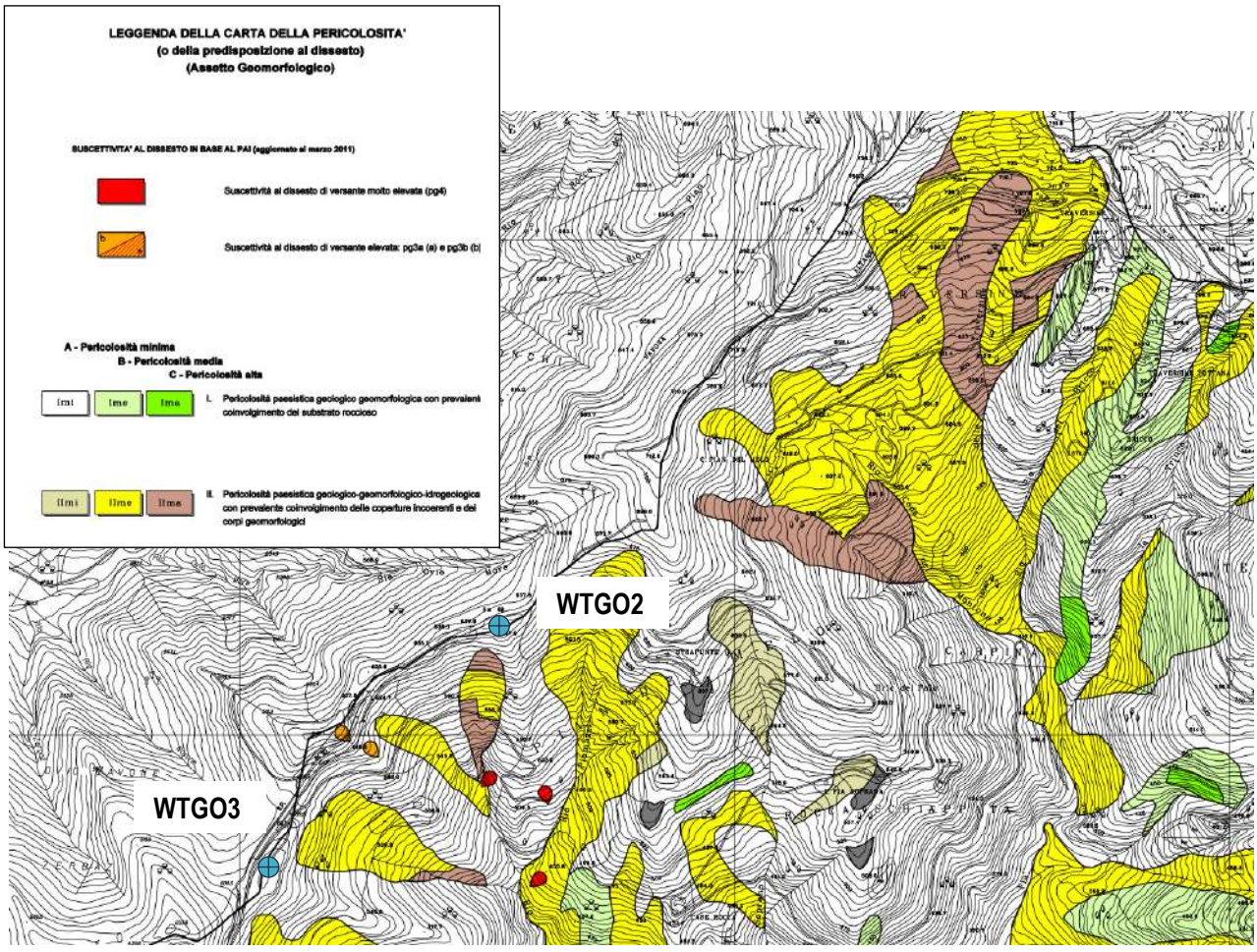


Estratto cartografia "Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - dgr 428/2021"

In entrambe le cartografie del dissesto sopra riportate, vengono indicate “aree di frane quiescenti o stabilizzate” poste lungo il versante a nord del crinale su cui sono ubicate le piazzole, in posizione di non interferenza con queste ultime.

5.4. – Carta Pericolosità PUC Savona

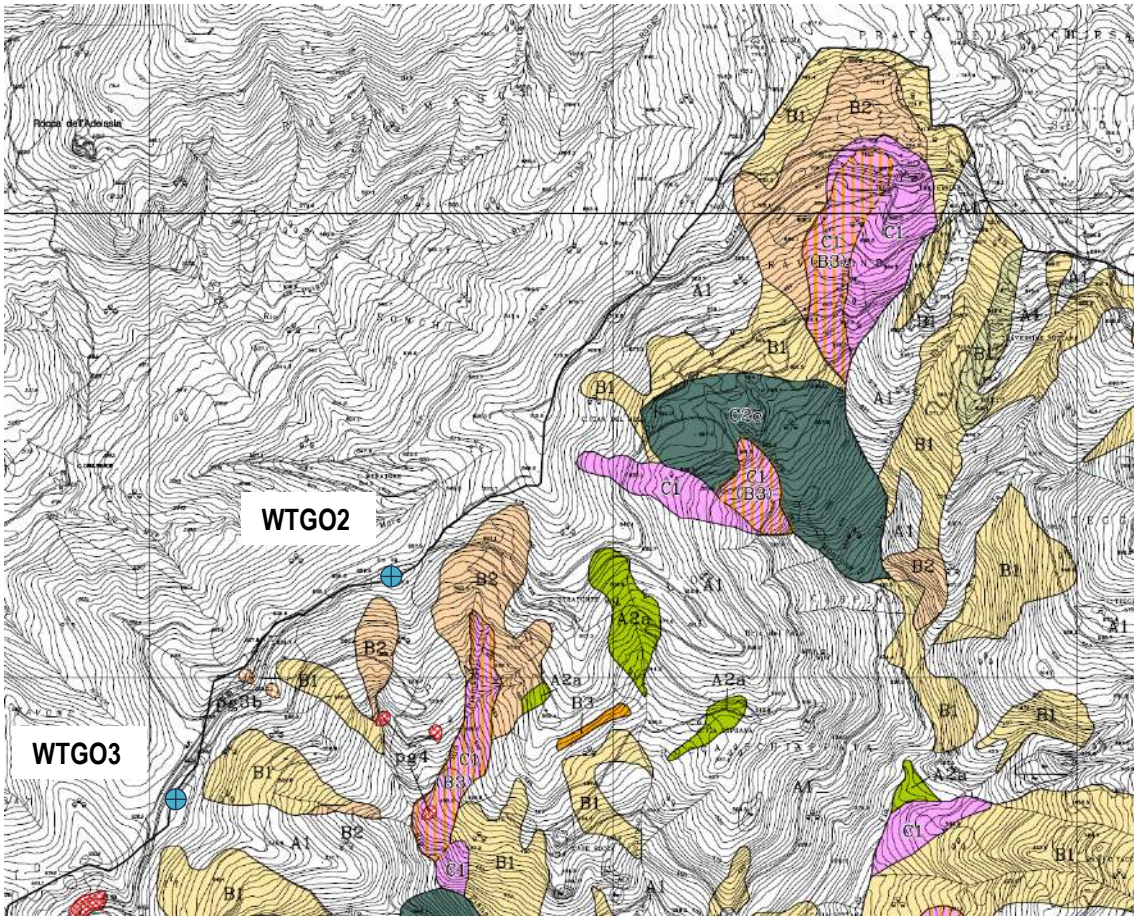
Anche nella *Carta della pericolosità, o della predisposizione al dissesto – tavola DF G.3.2*. del PUC di Savona, i due siti d’interesse sono posizionati all’esterno di aree in dissesto. Vengono riportate, lungo i versanti a sudest del crinale, aree a prevalente “pericolosità media” posizionate in corrispondenza della zona di testata degli impluvi e legate a potenziali fenomeni di scivolamento superficiale dei depositi di copertura.



Estratto “Carta della pericolosità, o della predisposizione al dissesto – tavola DF G.3.2.” del PUC di Savona

6 – Verifica Carta di Zonizzazione geologica e di Suscettività d'Uso

In accordo a quanto si legge nella Relazione e note illustrative della parte geologica del PUC di Savona (elaborato DF Gr.1), la *Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio* (Tav. 4) è una carta derivata, nella quale il territorio è stato zonizzato in funzione delle sue suscettività geologiche d'uso complessive, ossia geologico-geomorfologiche, geologico-tecniche, idrogeologiche. Tale carta è stata redatta incrociando le tematiche *carta geomorfologica*, *carta dei caratteri ambientali* e *carta della predisposizione al dissesto*.



Estratto "Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio – tavola St G.4a.2" del PUC di Savona

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.)

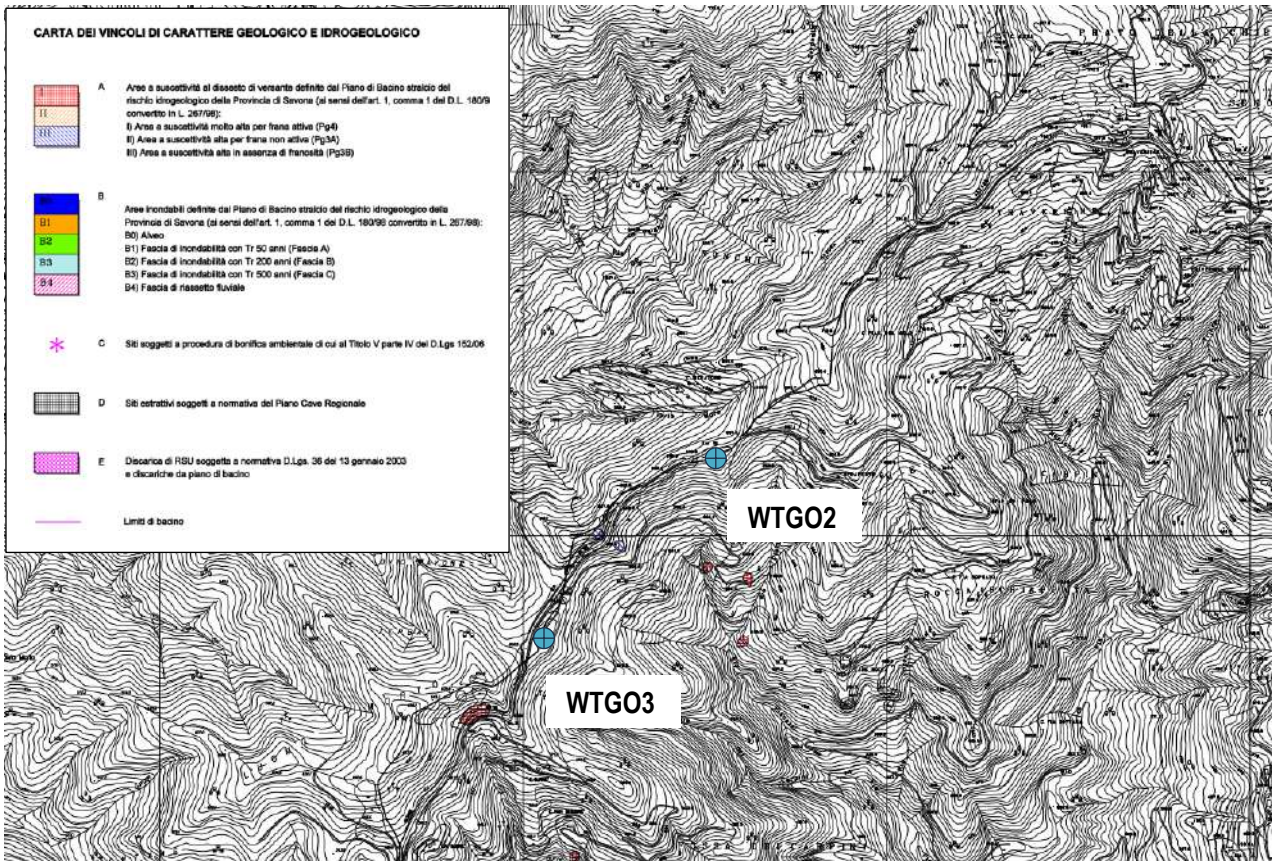
Tutti e due i siti WTGO2 e WTGO3 ricadono in **area A1** – *aree con ampia gamma di suscettività d'uso – aree senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto.*

Nelle classi A sono confluite tutte le aree che, a livello di studi territoriali, non risultano affette da problematiche di ordine geologico (ossia né d'ordine geolitologico, né d'ordine geomorfologico, o idrogeologico, o geologico-tecnico), tali da precludere qualsivoglia scelta di utilizzo del territorio.

Pertanto, non si ravvisano criticità geologiche alla realizzazione delle opere in progetto. In accordo a quanto stabilito anche dalle Norme Geologiche di Attuazione del PUC, elaborato St Gr.3, preliminarmente alle successive fasi di progettazione sarà necessario eseguire un adeguato approfondimento geologico, litostratigrafico e geotecnico dei siti mediante la realizzazione di una adeguata campagna di indagini geognostiche e sismiche in sito volte alla progettazione e dimensionamento strutturale delle opere di fondazione degli aerogeneratori, alla definizione delle modalità di scavo di sbancamento e di riporto dei terreni.

7 – Verifica Carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico

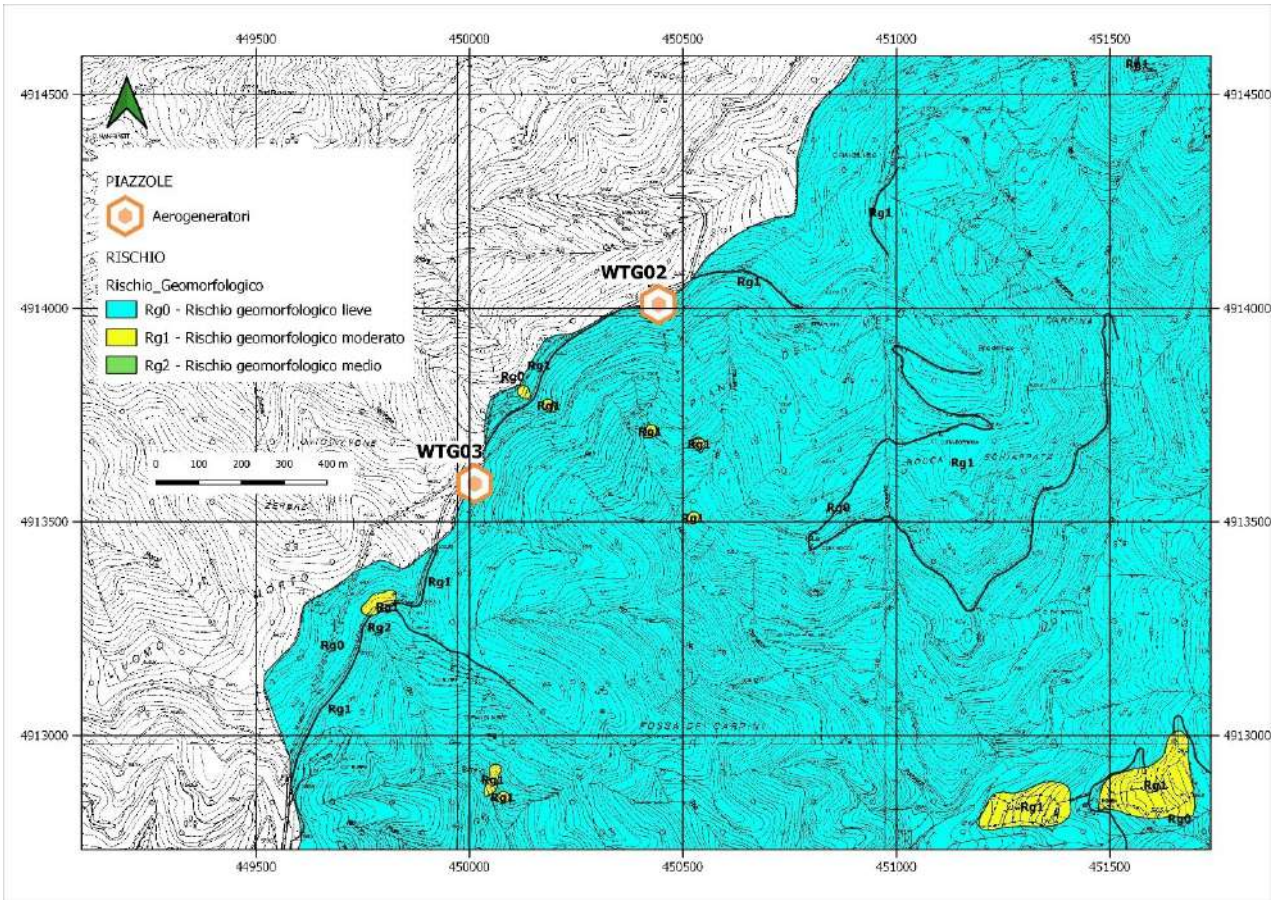
Nella carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico del PUC di Savona non vengono riportati vincoli che interessano i siti in esame.



Estratto "Carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico – tavola DF G.5.2." del PUC di Savona

8 – Classe del Rischio Geomorfologico

In accordo a quanto riportato nella cartografia del Rischio Geomorfologico e Idrogeologico del P.d.B rilievo regionale, riportata sul geoportale di Regione Liguria, le piazzole in progetto risultano situate all'interno di terreni posti in Classe di Rischio: *Rg0 – Rischio geomorfologico lieve*. Si tratta della più bassa classe di rischio tra quelle presenti in legenda della carta.



Estratto "Carta del Rischio Geomorfologico" del P.d.B rilievo regionale

9 – Sismicità dell'area

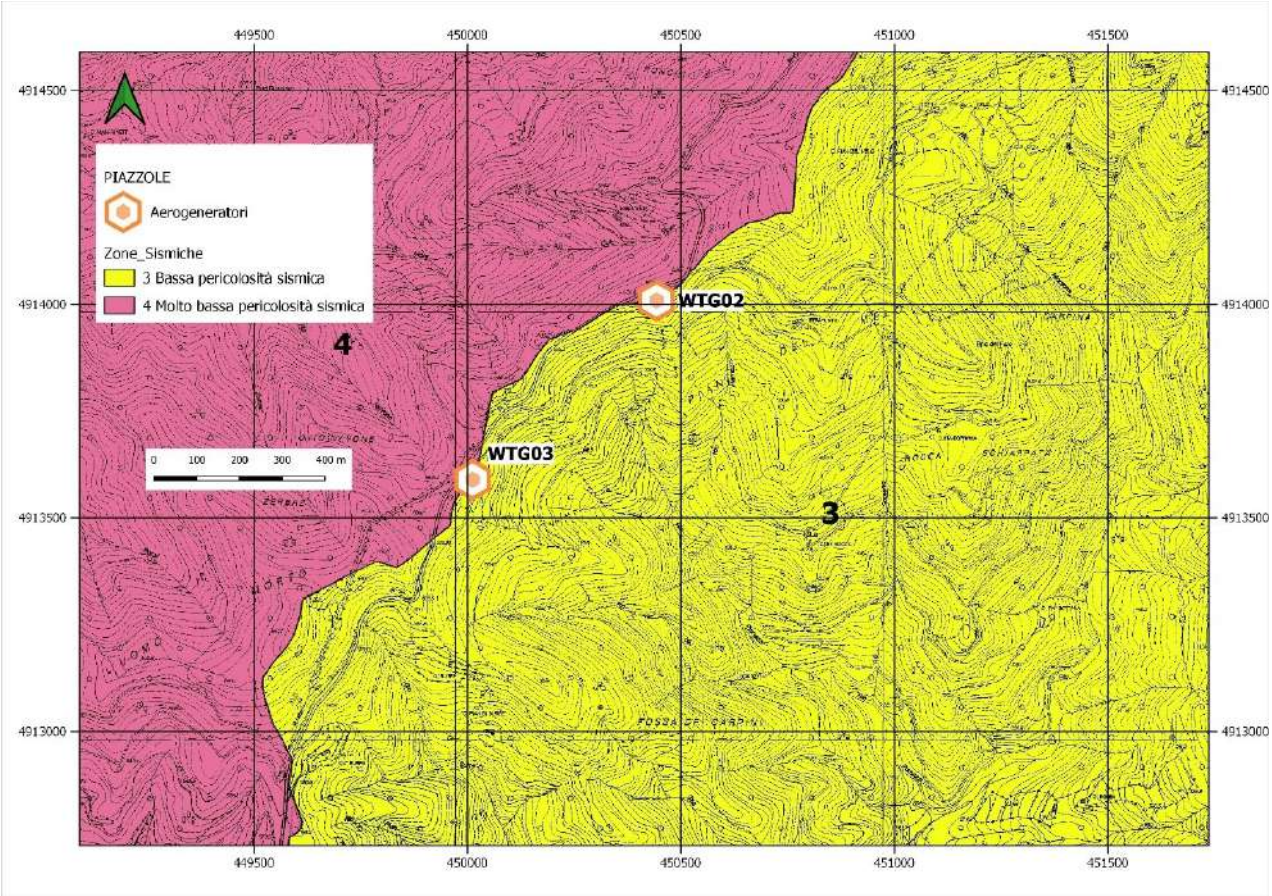
9.1. – Classificazione sismica comunale

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Si precisa, pertanto, che la suddivisione del territorio in zone sismiche con grado di pericolosità crescente da 4 a 1, prevista ai sensi dell'o.p.c.m.

3274/03, individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento e delle metodologie di calcolo da utilizzare.

La Classificazione sismica del territorio della Regione Liguria è stata effettuata ai sensi del DGR nr. 962 del 23.11.2018. In particolare, in relazione alle opere in progetto:

- Comune di Savona, aerogeneratori WTG02 e WTG03, è posto in *Zona sismica 3 – pericolosità bassa*;
- Comune di Cairo Montenotte, movimenti di terra, scavi e riporti, aerogeneratori WTG02 e WTG03, è posto in *Zona sismica 4 – pericolosità molto bassa*



Carta con riportata la zonizzazione sismica

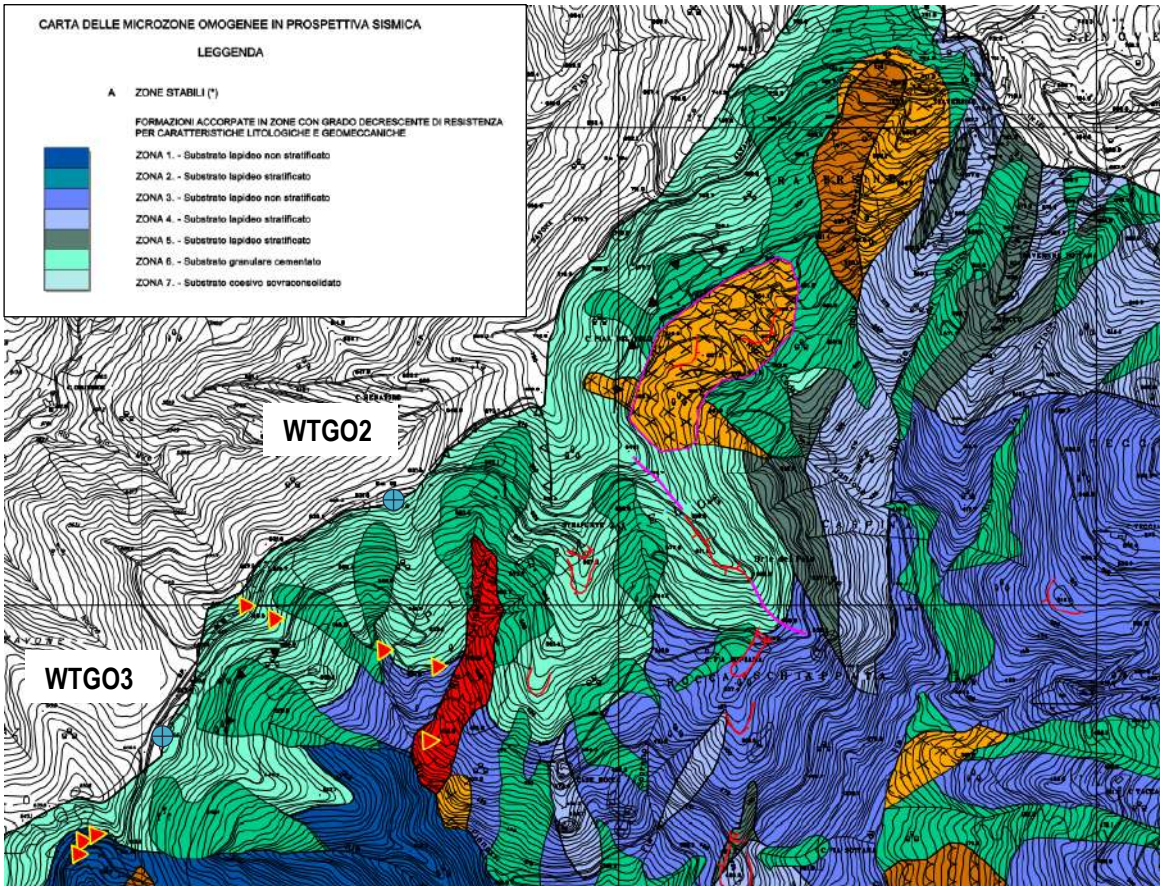
9.2. – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica

Lo studio di microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (effetti locali) per le costruzioni e le infrastrutture. Uno studio di microzonazione restituisce, infatti, 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, Tavola DF G.11.2 del PUC di Savona, l'area occupata dai due aerogeneratori ricade in: *A – Zone stabili - ZONA 6 – Substrato granulare cementato.*
Nel seguito viene riportata la descrizione delle Zone stabili A tratta dal documento "Note alla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – elaborato DF Gr. 8" 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.*



Estratto "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – tavola DF G.11.2." del PUC di Savona

9.3. – Indagine sismica con metodologia HVSR e definizione $V_{s,eq}$

La definizione preliminare del modello sismico del sottosuolo e la determinazione della $V_{S,eq}$ è stata effettuata sulla base dei risultati di specifiche indagini sismiche passive HVSR con Tromino in corrispondenza dei due siti d'intervento. Con questa metodica vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superfice del terreno. In particolare, viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios – H/V"). In accordo al par. 3.2.2. delle NTC 2018 la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

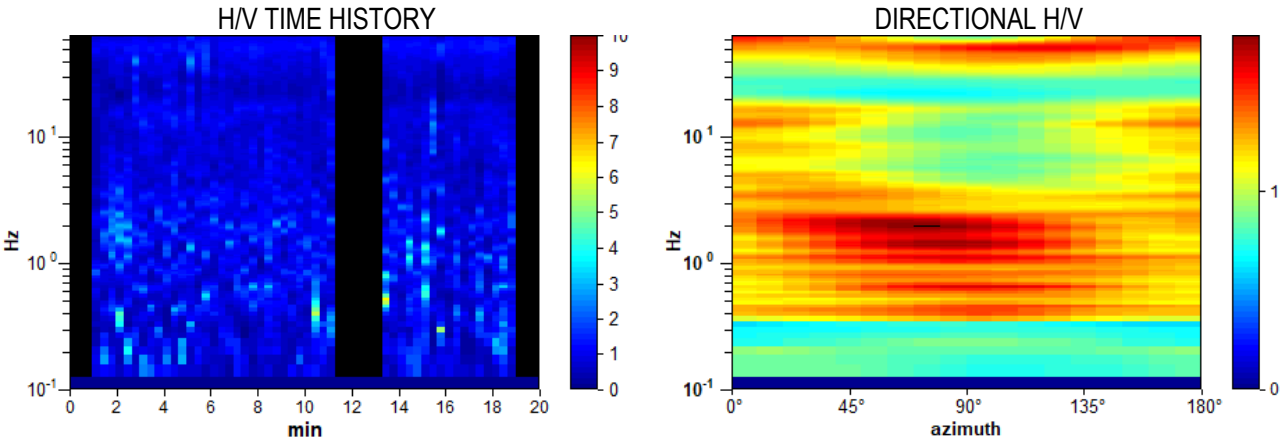
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

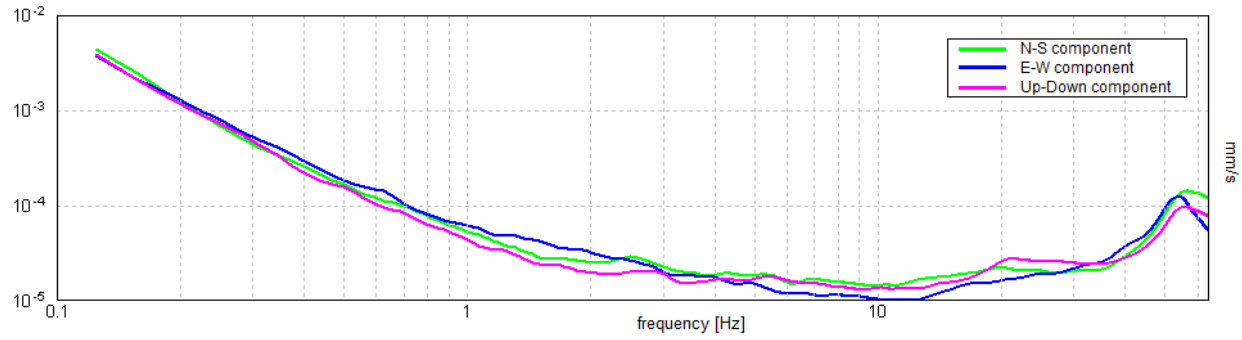
SITO WTG02

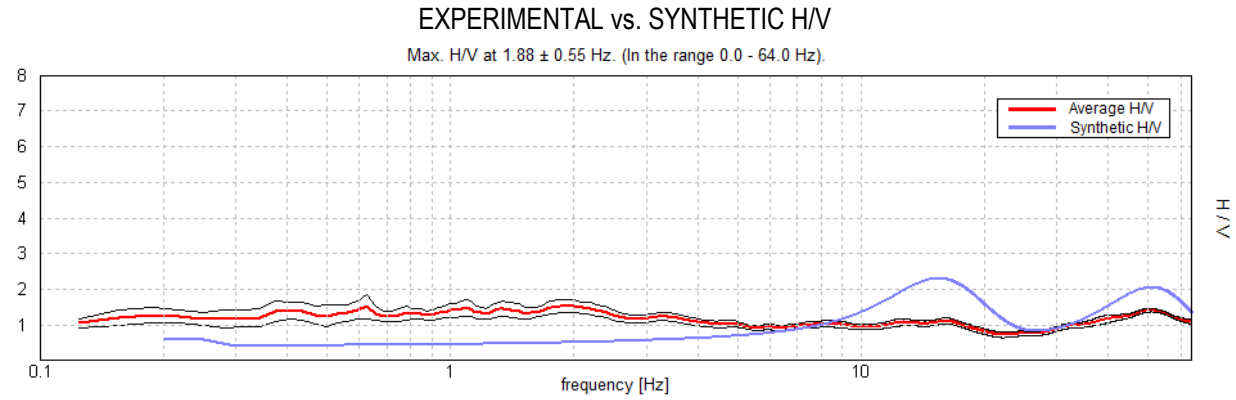


foto 8



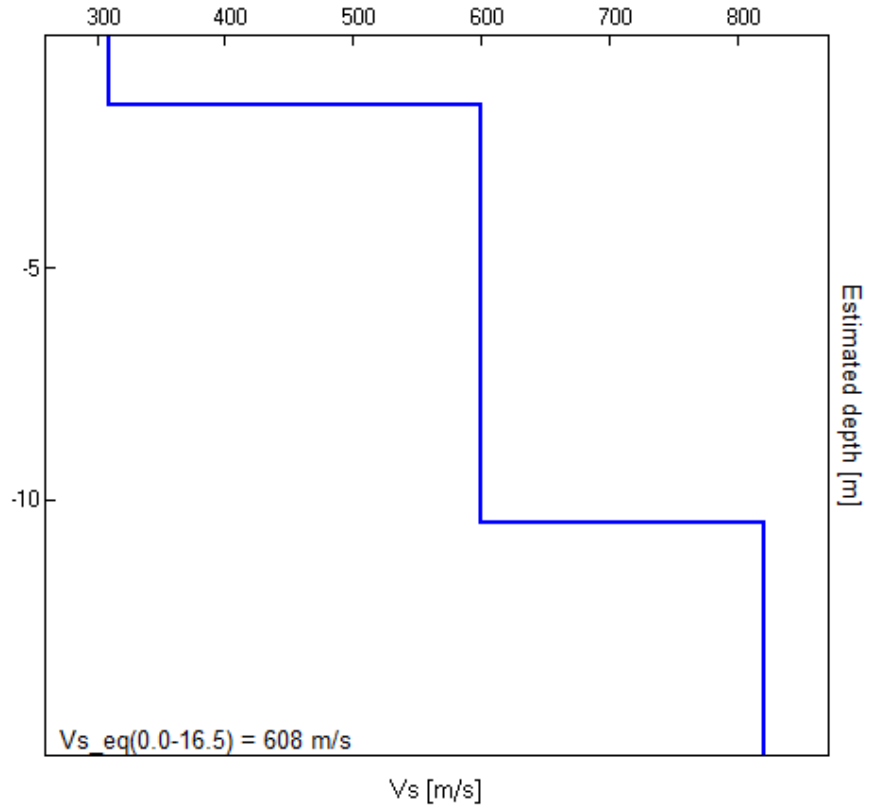
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1,50	1,50	310	0.45
10,50	9,00	600	0.45
inf.	inf.	820	0.45

Stratigrafia sismica di sito

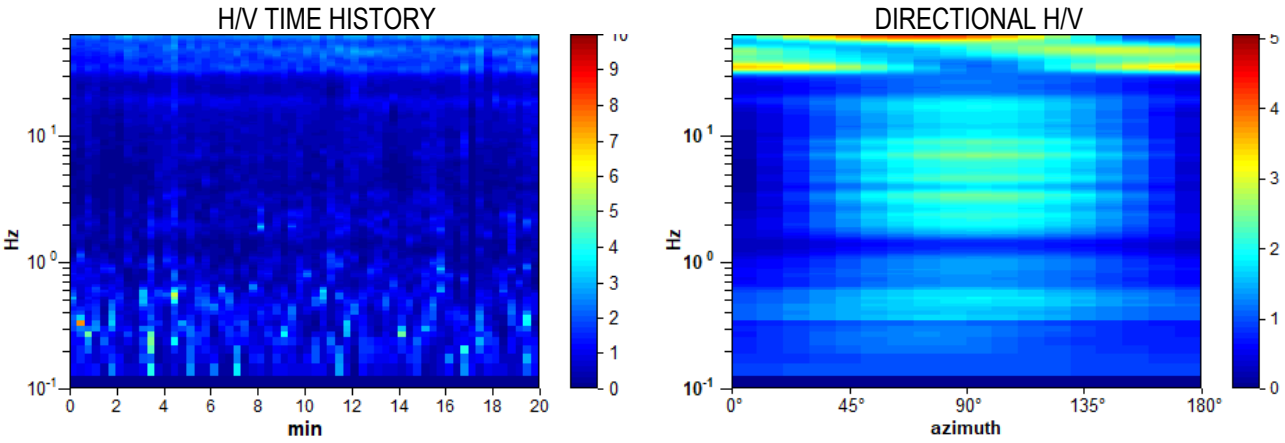


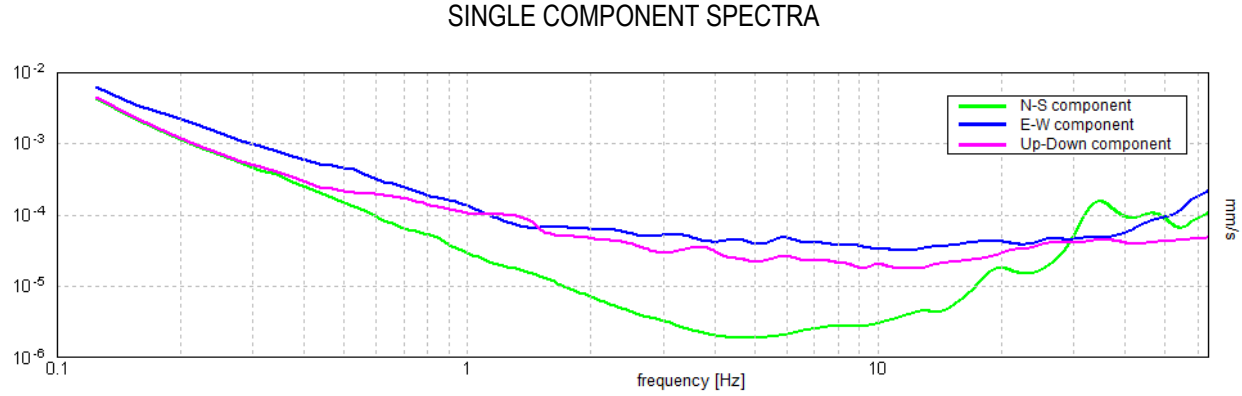
$V_{s_eq\ (0.0\text{-}10.5)}$ = 608 m/s TERRENO CATEGORIA B

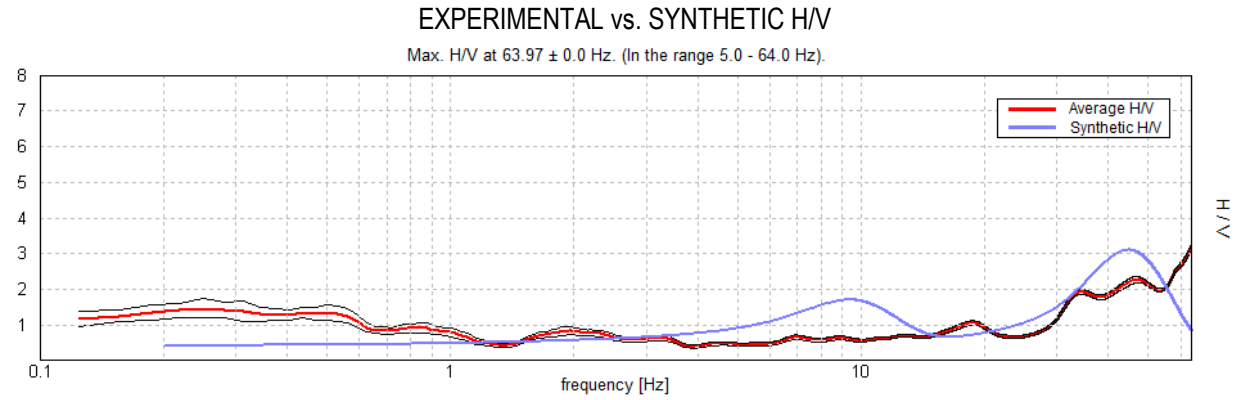
SITO WTG03



foto 9

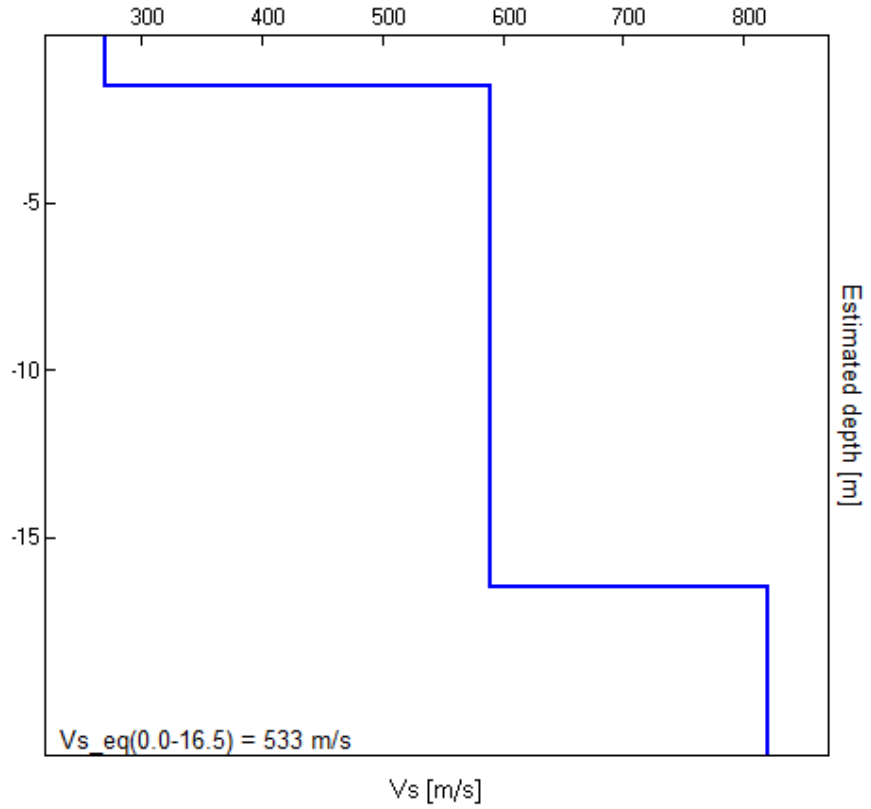






Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1,50	1,50	270	0.42
16,50	15,00	590	0.42
inf.	inf.	820	0.45

Stratigrafia sismica di sito



$V_{s_eq\ (0.0\text{-}10.5)}$ = 533 m/s TERRENO CATEGORIA B

Le indagini sismiche hanno fornito situazioni litostratigrafiche sostanzialmente simili, con tre litozone sismiche tra loro sovrapposte:

- **Litozona 1** – Presente in superficie con spessori nell'ordine di 1,50-1,80 m e velocità di 270-310 m/s. Si tratta dello strato superficiale di terreni incoerenti, eterogranulari grossolani e poco addensati ben visibili anche lungo le scarpate di scavo presenti nelle vicinanze;
- **Litozona 2** – Presente alla base della L1, con spessori nell'ordine di 9,00-22,0 m e velocità di 590-600 m/s. Si tratta, con tutta probabilità, della parte superficiale alterata e fratturata del substrato roccioso, con in sommità depositi eterogranulari grossolani di copertura maggiormente addensati e compatti rispetto a L1;
- **Litozona 3** – Presente alla base della L2, con velocità di 820-900 m/s. Si tratta del substrato roccioso.

10 – Caratterizzazione litostratigrafica preliminare

Per avere una prima caratterizzazione litostratigrafica dei terreni presenti sono state utilizzate le informazioni tratte dalla "Carta Indagini Geognostiche della Liguria" presenti sul Geoportale della Regione Liguria.
In particolare, nelle vicinanze dei due siti sono disponibili le indagini geognostiche, realizzate mediante scavi esplorativi spinti sino alla profondità massima di 4,0 m dal p.c., a supporto della costruzione di un campo eolico posizionato lungo il medesimo crinale oggetto d'intervento.

La situazione litostratigrafica rilevata dagli scavi conferma quanto da noi rilevato in sito mediante esame delle scarpate di sbancamento e indagine sismica con metodo HVSR.

Litozona 1 – strato superficiale, potente 1,00-2,00 m, di depositi eluvio-colluviali costituiti da una ghiaia in matrice sabbioso-limosa poco consolidata;

Litozona 2 – strato intermedio, potente 2,00-3,00 m, di ghiaie con ciottoli arrotondati con dimensione sino a pluridecimetrica in matrice sabbiosa grossolana addensata;

Litozona 3 – substrato roccioso mediamente presente a profondità superiori a 4,0 m dal p.c. e costituito da un conglomerato a clasti e ciottoli poligenici.

Stando questa stratigrafia le fondazioni degli aerogeneratori verranno impostate, o direttamente o indirettamente mediante micropali, nel substrato roccioso.

11 – Piano delle indagini geognostiche e sismiche per gli aerogeneratori

A supporto delle successive fasi di progettazione strutturale delle opere di fondazione dei due aerogeneratori e per la definizione esecutiva delle modalità di realizzazione degli scavi di sbancamento (computo dei volumi di scavo in terreno e

in roccia e definizione della morfologia dei fronti di sbancamento) e dei terrapieni in riporto, sarà necessario realizzare una specifica campagna di indagini geognostiche e sismiche volte a:

- Caratterizzazione litostratigrafica dei terreni, definizione della profondità del substrato roccioso;
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni di copertura e geomeccanica del substrato roccioso;
- Caratterizzazione sismica del sito.

Sito WTG02:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in avanzamento, posizionato in corrispondenza dell'imposta dell'aerogeneratore. Profondità 30 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

Sito WTG03:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in avanzamento, posizionato in corrispondenza dell'imposta dell'aerogeneratore. Profondità 30 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

12 – Cabina di consegna

La nuova posizione proposta per la cabina di consegna è localizzata presso l'area di montaggio della WTG02, immediatamente a bordo strada provinciale, all'interno di un versante caratterizzato da terreni di copertura eterogranulari grossolani costituiti da ghiaie e ciottoli ben arrotondati ed inseriti all'interno di una matrice sabbioso-limosa ben cementata (foto 10).

La cabina di consegna risulta posizionata:

- all'esterno di aree in dissesto PAI;
- all'interno dell'area di Pericolosità P1 della Mappa PAI dissesti;
- all'esterno delle Aree a Rischio della Mappa PAI dissesti;
- all'esterno di aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana -Provincia di Savona (PUC)
- in area A1 *"aree con ampia gamma di suscettività d'uso – aree senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto"* della "Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio – tavola St G.4a.2" del PUC di Savona;
- all'esterno di perimetri di "Vincoli di carattere geologico e idrogeologico" del PUC di Savona;
- in classe di "Rischio geomorfologico lieve Rg0" del P.d.B. di rilievo regionale;
- microzona sismica: *A – Zone stabili - ZONA 6 – Substrato granulare cementato.*

Si tratta di una zona stabile e priva di fenomeni di dissesto.


foto 10

13 – Area deposito temporaneo terreni di scavo

A causa delle caratteristiche geomorfologiche delle due aree dove è prevista l'installazione degli aerogeneratori è stato necessario individuare un'area dove stoccare temporaneamente il materiale di scavo per poi riutilizzarlo nella formazione delle piazzole. E' stata, quindi, selezionata un'area già precedentemente destinata a uso di cantiere nell'ambito dei lavori per l'impianto "Surite del Cuculo", situata in prossimità del cantiere dell'impianto e attualmente impiegata come supporto logistico alle attività di costruzione.

Si tratta di un piazzale pianeggiante pavimentato in battuto stabilizzato, di facile accesso in quanto situato di fianco alla strada provinciale. In relazione allo stato di fatto della situazione geologica e alla documentazione disponibile, l'area di deposito temporaneo risulta posizionata:

- All'esterno di aree in dissesto PAI;
- All'esterno dell'area di Pericolosità P1 della Mappa PAI dissesti;
- All'esterno delle Aree a Rischio della Mappa PAI dissesti;
- All'esterno di aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana -Provincia di Savona (PUC).

Si rileva come immediatamente ad ovest del piazzale, ma completamente all'esterno dello stesso, viene riportato il perimetro di un'"area di frana attiva Fa", probabilmente originariamente tratta da Geolffi, di cui, però, attualmente non ci sono evidenze sul terreno. Dai sopralluoghi effettuati, così come mostrato dalla documentazione fotografica seguente (foto 11 e 12), attualmente la zona appare completamente ricolonizzata dalla vegetazione (aree a prato + aree a bosco) senza

tracce di attività in atto evidenziate da fessure, contropendenza, linee di ruscellamento concentrato. Si tratta di un versante a debole pendenza, per altro con all'interno un fabbricato che non evidenzia lesioni ed è in buono stato di conservazione.

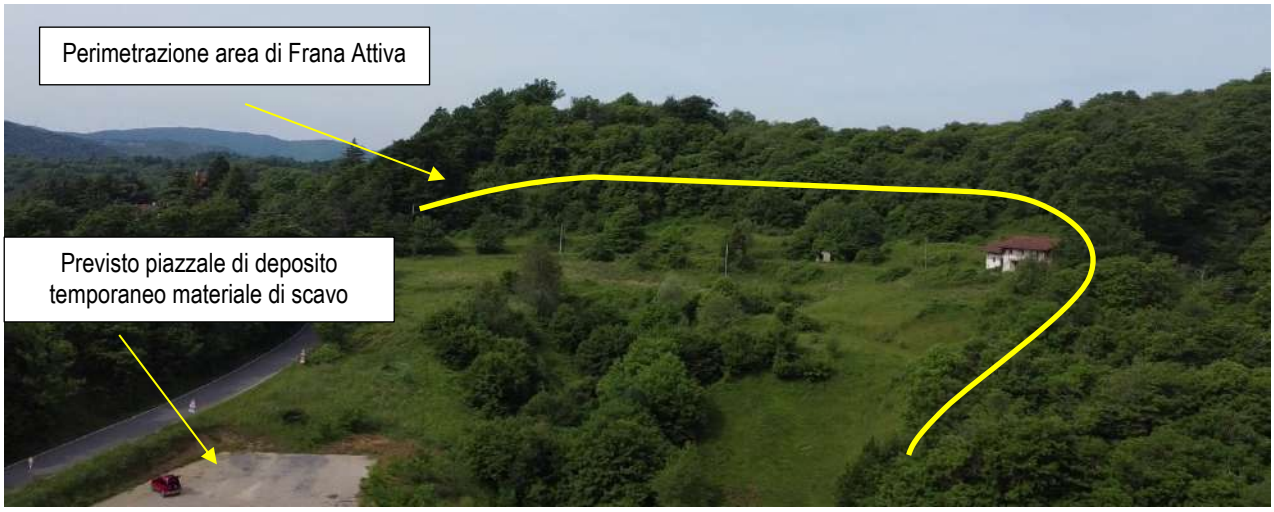
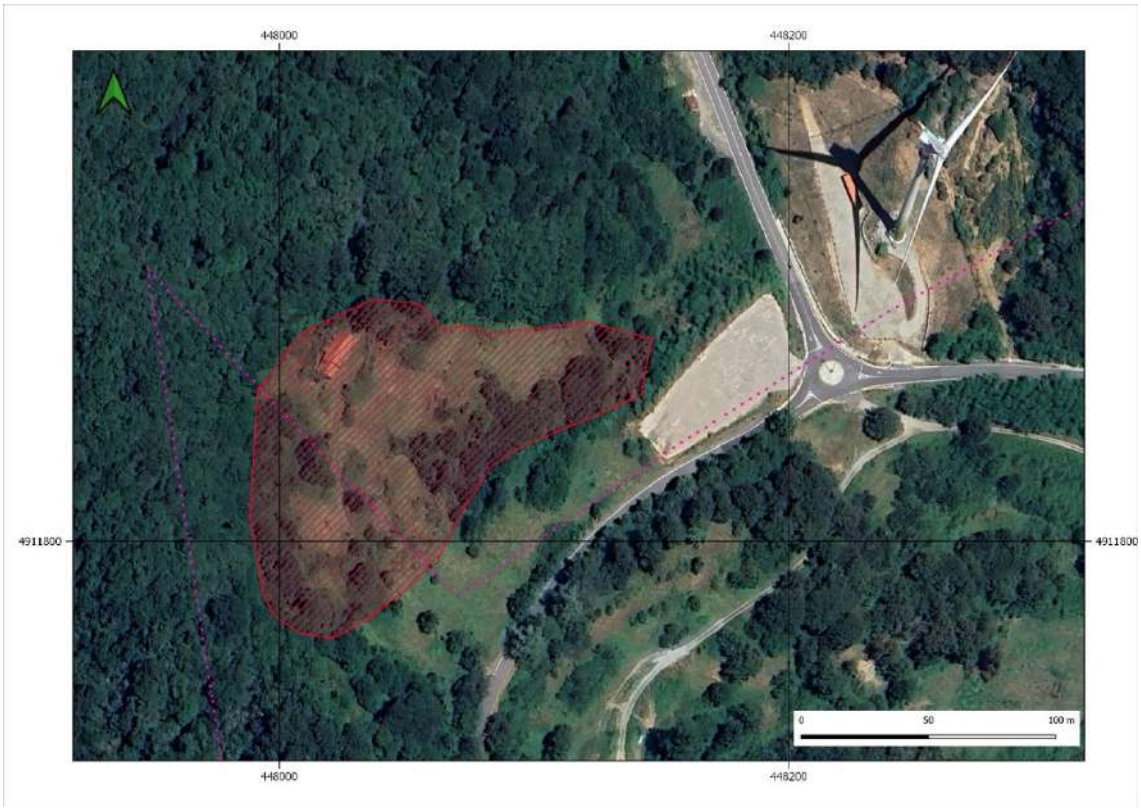
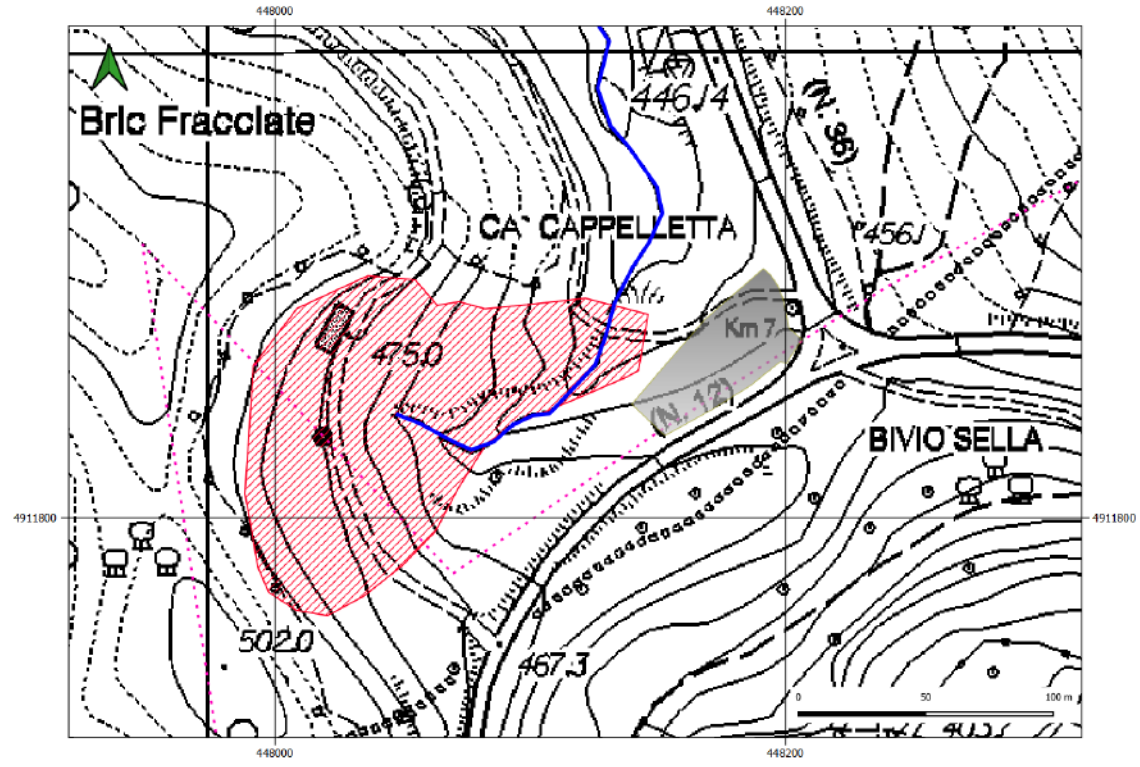
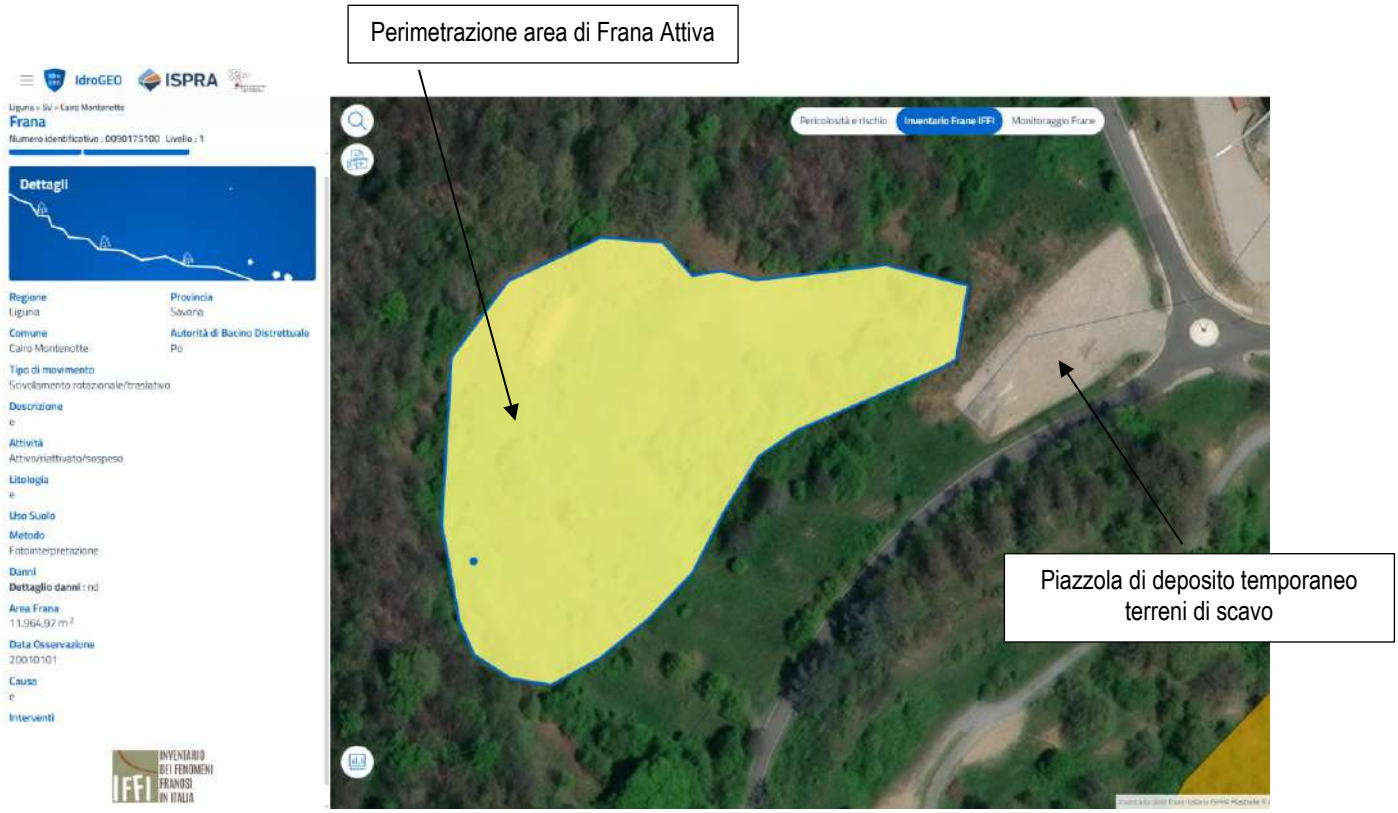




Foto 11 e 12 – le fotografie mostrano l'area perimetrata come frana attiva, attualmente completamente ricolonizzata dalla vegetazione, stabile, e priva di situazioni di dissesto attive.


448000
448200
4911800
0
50
100 m


448000
448200
Bric Fracciate
CA' CAPPELLETTA
446,4
456,1
475,0
Km 7
(N. 12)
BIVIO SELLA
502,0
467,3
4911800
0
50
100 m



Scheda frana – IdroGEO-ISPRA

In base a quanto riportato nella scheda frana tratta dal portale IdroGEO di ISPRA, si tratta di una "frana di scivolamento rotazionale/traslativo", probabilmente osservata/inserita nel gennaio 2001.

In base a quanto è stato possibile rilevare nel corso dei sopralluoghi si ritiene che il deposito temporaneo dei terreni e delle rocce, provenienti dagli scavi di sbancamento per l'imposta dei due aerogeneratori in progetto, all'interno del piazzale esistente non influisce negativamente sulla stabilità delle aree in frana in quanto:

- Le aree in frana non mostrano tracce di attività in corso;
- Il piazzale è situato a valle e completamente all'esterno del perimetro dell'area di frana attiva, pertanto, in posizione di non interferenza con la dinamica del versante a monte; il deposito del materiale non comporta, quindi, sovraccarichi sul versante e/o in zona di nicchia;
- Non sono previsti scavi o sbancamenti in area di frana o al suo piede in quanto il piazzale è già esistente e con un accesso diretto sulla viabilità per cui il conferimento del materiale è già attualmente possibile senza realizzare nessun tipo di modifica del terreno;
- Il conferimento del materiale viene effettuato all'interno del sedime del piazzale esistente senza modificare il regime delle acque superficiali del vicino riale. La piazzola esistente, di cui è previsto l'utilizzo per lo stoccaggio temporaneo del terreno di scavo, è posizionata in sponda destra del riale, completamente all'esterno del suo alveo attivo senza modificare le condizioni di deflusso dello stesso.

Alla luce di tali valutazioni si ritiene di poter considerare tale area in dissesto per lo meno non più attiva ma quiescente o stabilizzata. Probabilmente si tratta di un vecchio fenomeno di dissesto localizzato in corrispondenza della zona di testata di un piccolo riale che nasce poco a valle del fabbricato esistente.

14 – Cavidotti

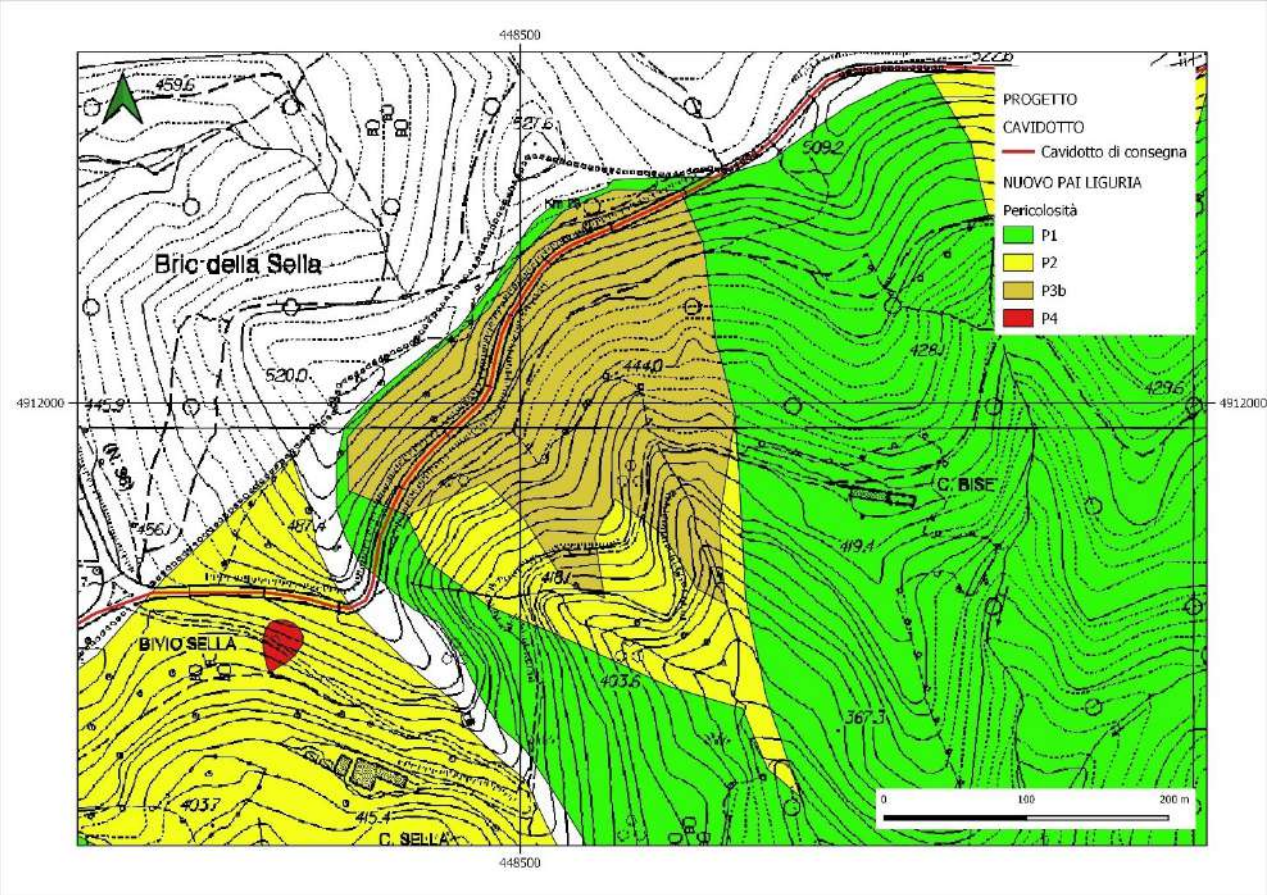
Per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori fino alla cabina di consegna, è previsto un cavidotto interrato lungo la Strada Provinciale SP 12 che collega la WTG03 alla WTG02 e, successivamente, la WTG02 alla cabina di consegna. Per quanto riguarda, invece, il cavidotto di consegna alla Cabina Primaria AT/MT ALTARE lo stesso verrà posato completamente interrato in corrispondenza della viabilità esistente.

Seguendo tracciati di viabilità già esistenti è giusto attendersi che la posa del cavidotto non presenti particolari problematiche e/o criticità di carattere geologico che, comunque, non siano già state affrontate e risolte dall'ente gestore della strada.
Nella cartografia della pericolosità del PAI dell'Appenino Settentrionale la strada provinciale esistente e, quindi, il cavidotto in progetto attraversano due aree poste in classe di Pericolosità P3b e P4.

In particolare,

- La zona posta in classe di Pericolosità P3b – *aree potenzialmente instabili interessate da suscettibilità da dissesti di natura geomorfologica elevata - area a pericolosità elevata* – identifica la parte sommitale del bacino del Rio di Rise, estesa sino alla cresta spartiacque del Bric della Sella nelle cui vicinanze passa la strada e quindi il tracciato del cavidotto in progetto. Si tratta di un versante impostato nel conglomerato della Formazione di Molare, affiorante nella parte sudovest della scarpata e subaffiorante sotto un sottile spessore di terreni di copertura, nella parte nordest. Con tutta probabilità, dall'esame della situazione geomorfologica e geologica attuale e dalla forma dell'area cartografata, la perimetrazione di pericolosità identifica una zona che è stata interessata, in passato, da un fenomeno di scivolamento superficiale che ha coinvolto lo strato superiore di terreni eluvio colluviali, mettendo a nudo il sottostante substrato roccioso (foto 13-15);
- La frana non è riportata come dissesto nella cartografia GeoIffi;
- Nella situazione attuale la criticità deriva dalla presenza della scarpata in roccia potenzialmente interessata da fenomeni di rilascio di blocchi rocciosi, immersi nella matrice del conglomerato, che, data l'acclività del versante terminano la loro corsa sulla piattaforma stradale.

Il cavidotto verrà posato completamente interrato sul lato di valle della strada così da ridurre le possibili interferenze con eventuali crolli. Gli interventi di posa del cavidotto verranno realizzati senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini in quanto non sono previsti sovraccarichi sul versante e gli scavi saranno di modesta altezza ed estensione, completamente rinterrati con la messa a ripristino della piattaforma stradale.



Carta Pericolosità PAI – area P3b

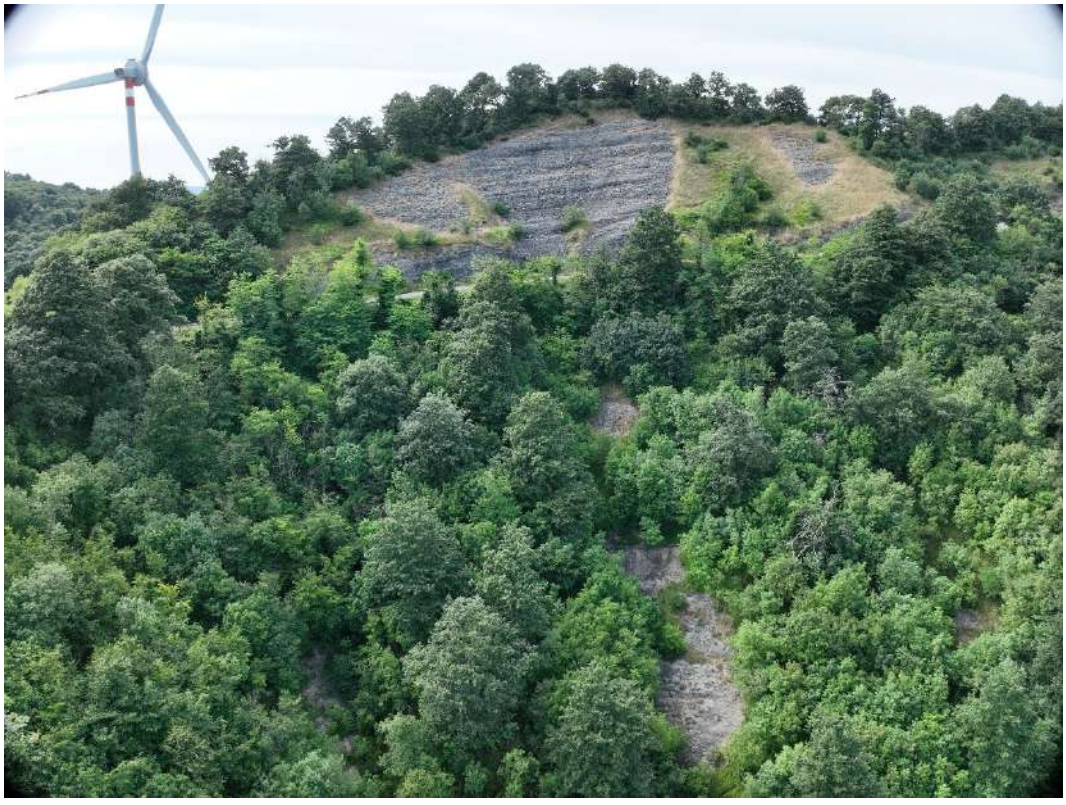


foto 13



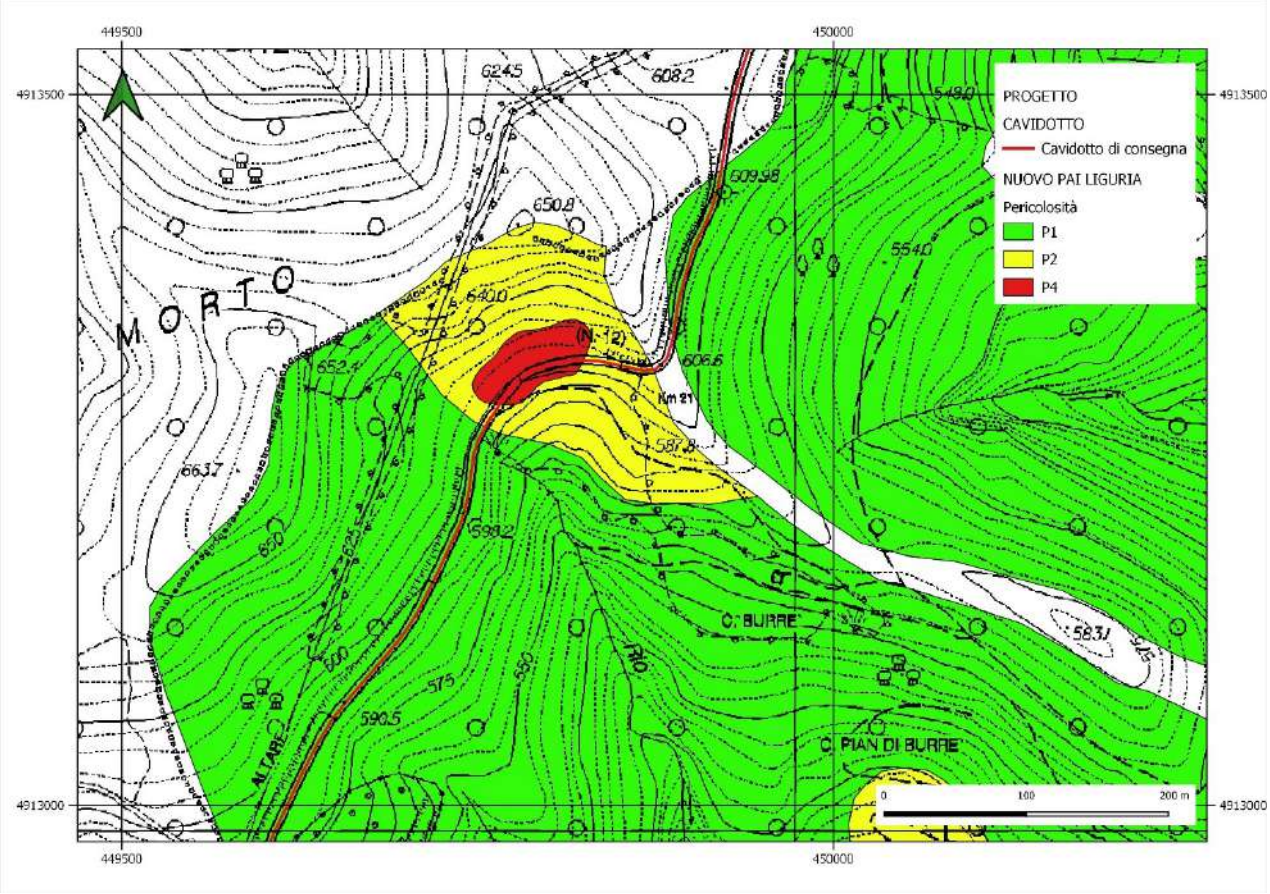
foto 14



foto 15

- La zona posta in classe di Pericolosità P4 – *aree instabili interessate da dissesti di natura geomorfologica attivi*; - *area a pericolosità molto elevata* – identifica un tratto di scarpata a monte della strada provinciale situata nella parte sommitale del bacino del Rio Burre. Nel corso dei sopralluoghi realizzati non si sono rilevate situazioni di dissesto attive ed attualmente la scarpata è completamente vegetata, colonizzata dal bosco (foto 16) e costituita da conglomerato di Molare affiorante a bordo strada (foto 17).
- Anche in questa situazione, come nel precedente P3b, con tutta probabilità la cartografia indica una frana di scivolamento superficiale che interessato, in passato, la scarpata di monte della strada con superficie di scivolamento che, nella situazione attuale, si è progressivamente stabilizzata con la ricrescita delle vegetazione a bosco. Sulla piattaforma stradale non si rilevano fenomeni fessurativi e/o tracce di cedimento.

Il cavidotto verrà posato completamente interrato sul lato di valle della strada così da ridurre le possibili interferenze con eventuali dissesti provenienti dal versante di monte. Gli interventi di posa del cavidotto verranno realizzati senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini in quanto non sono previsti sovraccarichi sul versante e gli scavi saranno completamente rinterrati con la messa a ripristino della piattaforma stradale.



Carta Pericolosità PAI – area P4

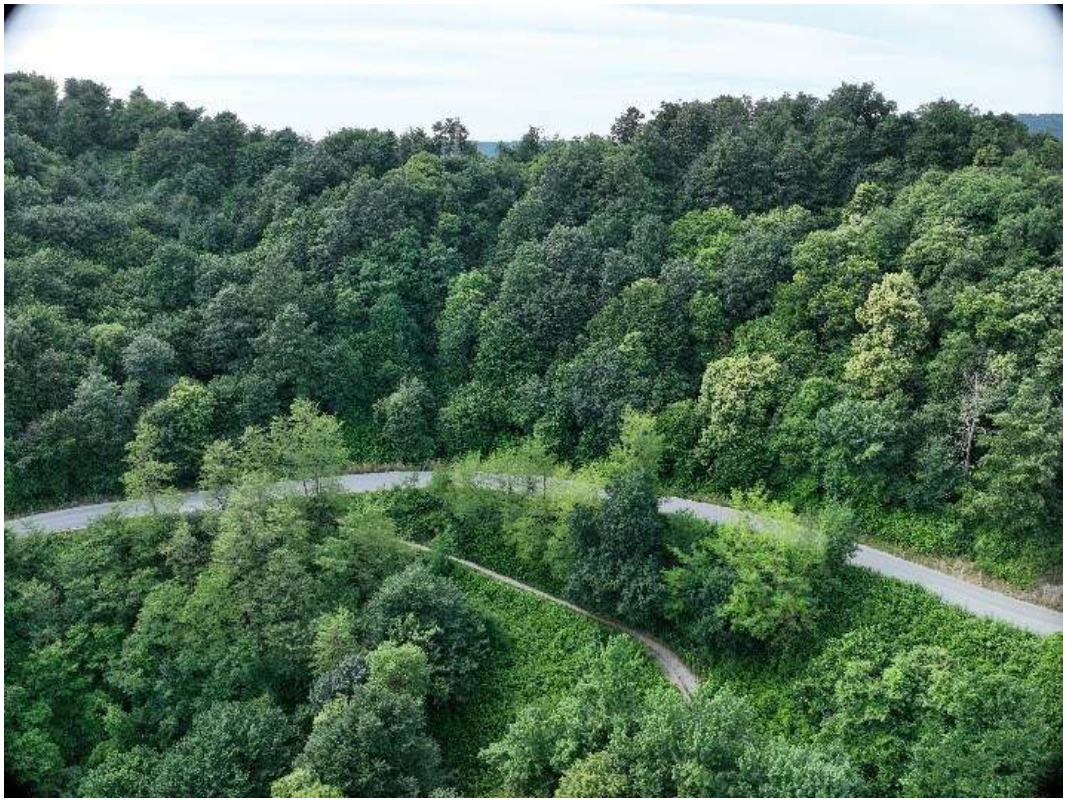


foto 16



foto 17

VERIFICA NORMATIVA.

In accordo a quanto previsto dall'art.16 comma 2 lettera i del Piano di Bacino per il Rischio Idrogeologico, nelle aree in frana attiva è consentita la posa di tubazioni, condotte o similari, relative ad infrastrutture e reti di servizi pubblici essenziali o di interesse pubblico come quello in progetto. In particolare:

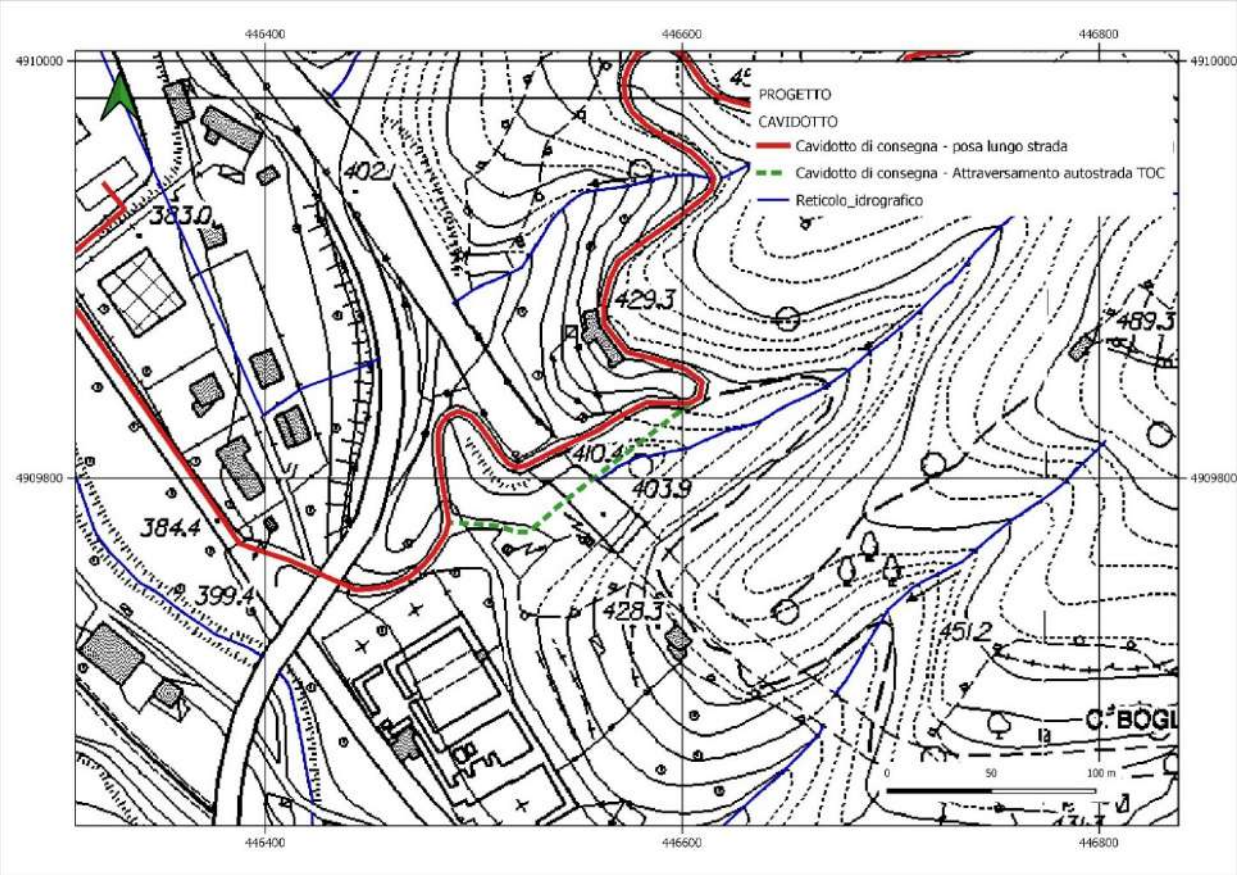
- La condotta verrà posata sotto la viabilità esistente così da favorire la realizzazione di eventuali interventi di manutenzione;
    1. Per la posa della tubazione verranno adottate modalità operative tali da non aggravare ulteriormente lo stato del dissesto; gli scavi saranno di ridotta profondità comportando la movimentazione di ridotti volumi di terreno;
    2. Non sono previsti sovraccarichi sul versante rispetto alla situazione attuale..

In relazione alla ridotta estensione dell'area di frana attiva, nel caso fosse impossibile autorizzare la scelta progettuale proposta, in alternativa si può proporre di aggirare a valle la zona di frana attiva, scendendo per un breve tratto lungo il versante a valle della strada e risalendo sulla stessa una volta oltrepassata l'area perimetrata come P4.
Per questa modifica del progetto c'è la necessità di aggiornare il "Progetto definitivo di e-distribuzione", già approvato dall'Ente Distributore. Per cui, nel caso quest'ultima soluzione venisse giudicata migliore e percorribile è necessario che la stessa venga prescritta nelle fasi di approvazione della Via e del progetto.

Per quanto riguarda l'attraversamento dell'autostrada, differentemente a quanto ipotizzato dal Gestore di Rete, si ritiene preferibile non adottare la prevista soluzione con microtunneling T.O.C. (trivellazione orizzontale controllata) in quanto:

- Sul lato di monte (NE) è presente un versante acclive, attualmente non accessibile, caratterizzato da una copertura superficiale in terreni incoerenti;
- Il previsto asse del T.O.C. è posto in fregio (sponda destra) di un piccolo impluvio;
- La soluzione dell'attraversamento mediante del T.O.C. rende necessaria la realizzazione di piste di accesso e una piazzola di lavoro per rendere possibile la perforazione; a fine lavori dovrà essere garantita la messa a ripristino dei terreni e il consolidamento dei versanti interessati dagli scavi mediante tecniche di ingegneria naturalistica.
- Alla luce delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del versante la soluzione T.O.C. presenta diverse problematiche che dovranno essere affrontate e risolte nel corso delle successive fasi di progettazione.

In alternativa si propone di attraversare l'autostrada posando la tubazione sotto la piattaforma della Strada Vicinale Strapuntè, utilizzando il ponte esistente. Si tratta, questa, di una soluzione senza dubbio migliorativa rispetto al T.O.C. in quanto di facile realizzazione sfruttando infrastrutture già esistenti, limita i movimenti di terra e la necessità di opere di consolidamento e di messa a ripristino dei versanti.



Tracciati alternativi per l'attraversamento dell'autostrada