

REGIONE SICILIANA  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A  
 $P_n = 75,4 \text{ MW}$  ( $P_i = 72 \text{ MW}$ ), SU TERRENO SITO NEL COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA (TP)  
IN CATASTO AI FG. 94 P.LLE 246, 247, 368, 248, 340, 411, AL FG. 99 P.LLE 93, 92, 3, AL FG. 107 P.LLE  
7, 15, 16, 123, 209, 208, 54, 206, AL FG. 104 P.LLE 4, 49, 33, 156, 157, AL FG. 106 P.LLE 93, 86, 23, 94,  
AL FG. 107 P.LLA 44, AL FG. 105 P.LLA 128, AL FG. 115 P.LLE 192, 136, 281, 66, 208, AL FG. 117 P.LLE  
38, 28, E AL FG. 98 P.LLE 468, 463, 469, 470, 471 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE NEI  
COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA (TP)

Timbro e firma del progettista

**VAMIRGEOIND**



VAMIRGEOIND  
AMBIENTE GEOLOGIA E GEOPISICA s.r.l.  
Il Direttore Tecnico  
Dott.ssa MARINO MARIA ANTONIETTA

Timbri autorizzativi

## RELAZIONE GEOLOGICA

### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	ID Terna S.p.A.	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
<b>PDef</b>	202100949	Relazione	SIA02	CANICHIDDEUSI	SIA02_Relazione geologica.docx	19.12.2022	-

### REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	19.12.2022	Prima emissione	BELLOMO	VAMIRGEOIND	COOLBINE

IL PROPONENTE

**CANICHIDDEUSI WIND SRL**

Sede legale: Corso di Porta Vittoria, 9 - 20122 - Milano  
PEC: canichiddeusiwind@mailcertificata.net  
P.IVA 12673200965

PROGETTO DI



VAMIRGEOIND

Sede legale: Via Tevere, 9 - 90144 - Palermo  
e-mail: vamirsas@yahoo.it

SU INCARICO DI

**Coolbine**

Grounded Clean Ventures

Coolbine S.r.L.

Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo  
e-mail: progettazione@coolbine.it

## INDICE

<b>1.    PREMESSE</b>	<b>1</b>
<b>2.    CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE</b>	<b>6</b>
<b>3.    CONSIDERAZIONI    GEOMORFOLOGICHE    ED</b> <b>      IDROGEOLOGICHE</b>	<b>9</b>
<b>4.    OPERE DI CONSOLIDAMENTO E MITIGAZIONE</b> <b>      DEGLI IMPATI</b>	<b>18</b>
<b>5.    INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE</b> <b>      SINGOLA (TROMOGRAFIA)</b>	<b>26</b>
<b>6.    CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO</b>	<b>58</b>
<b>7.    LIQUEFAZIONE DEI TERRENI</b>	<b>61</b>
<b>8.    CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEI TERRENI</b> <b>      INTERESSATI DALLE OPERE IN PROGETTO</b>	<b>68</b>
<b>9.    CAMPAGNA    INDAGINI    GEOGNOSTICHE    E</b> <b>      GEOTECNICHE    DA    ESEGUIRE    IN    FASE    DI</b> <b>      PROGETTAZIONE ESECUTIVA</b>	<b>70</b>
<b>10.   CONCLUSIONI</b>	<b>71</b>

## **REGIONE SICILIA**

### **COMUNI DI CALATAFIMI-SEGESTA E GIBELLINA**

### **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO**

#### **“CANICHIDDEUSI”**

### **RELAZIONE GEOLOGICA**

#### **1. PREMESSE**

Su incarico del Committente è stato eseguito il presente studio geologico per il progetto definitivo indicato in epigrafe che, in ossequio a quanto descritto nelle normative vigenti in materia (D.M. 17/01/2018), prevede l'esecuzione di tutti i rilievi, le indagini e le prove tecniche necessarie per:

- determinare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto;
- studiarne le caratteristiche geomorfologiche con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- definire l'assetto idrogeologico con riguardo alla circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- individuare tutte le problematiche geologico-tecniche che possono interferire con le opere in progetto;
- indicare, in linea di prima approssimazione, eventuali opere di consolidamento o presidio per garantire la realizzazione ottimale delle opere in progetto;

- determinare, in linea di prima approssimazione, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni con maggiore interesse a quelle che più da vicino riguardano gli aspetti progettuali;
- verificare l'eventuale presenza di problematiche legate a fenomeni di liquefazione;
- indicare un programma di indagini geognostiche e geotecniche da eseguire nelle successive fasi di progettazione esecutiva.

Lo studio è stato, quindi, articolato come segue:

**a) Studio geologico dell'area interessata** comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l'indicazione di tutti i lineamenti tettonici.

**b) Studio geomorfologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.

**c) Studio idrogeologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche ed all'individuazione delle aree soggette ad esondazione.

**d) Studio delle pericolosità geologiche dell'area interessata** comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da "pericolosità geologiche" quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, rappresentando, cioè, un'attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.

**e) Studio della pericolosità sismica locale** atto ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Da quanto detto prima si evince che in una prima fase il nostro lavoro è stato organizzato eseguendo numerosi sopralluoghi finalizzati allo studio di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale e fisico-meccanica, per l'individuazione delle profondità del livello piezometrico e per la definizione delle problematiche sismiche delle aree in studio, in questa prima fase di lavoro, sono stati utilizzati i dati tratti dalle pubblicazioni scientifiche, integrati dai dati acquisiti durante i numerosi sopralluoghi e dall'osservazione degli sbancamenti ed affioramenti presenti nelle aree interessate dallo studio e dalla realizzazione di n. 13 sondaggi di sismica passiva (tomografia) per definire le velocità delle onde sismiche Vs nei primi 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza degli aerogeneratori CAN\_01, CAN\_02, CAN\_03, CAN\_04, CAN\_05, CAN\_06, CAN\_07, CAN\_08, CAN\_09, CAN\_10, CAN\_11, CAN\_12 E CAN\_13.

Il presente progetto prevede la realizzazione di:

- a.** impianto eolico dalla potenza in immissione di 72 MW e dalla potenza massima complessiva di 75,4 MW, ubicato tra i comuni di Calatafimi Segesta e Gibellina entrambi in provincia di Trapani. Più nel dettaglio:
  - gli aerogeneratori e le loro opere civili (strade di accesso e piazzole), accessorie ed elettriche saranno realizzati nel

- comune di Calatafimi Segesta, tra le contrade Canichiddeusi, Zaccanelli, Furna-Zaccanelli, Valle e Lagani;
- l'impianto di utenza (a cura del proponente) si svilupperà tra i comuni di Calatafimi Segesta e Gibellina;
  - l'impianto di rete (a cura del gestore di rete Terna S.p.A.), interesserà il comune di Gibellina.
- b.** n° 1 aerogeneratore da 3400 kW con annesse, all'interno o nella cabina a base torre, tutte le apparecchiature di macchina;
  - c.** n°12 aerogeneratori da 6000 kW con annesse, all'interno o nella cabina a base torre, tutte le apparecchiature di macchina;
  - d.** una cabina di parallelo;
  - e.** una cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV;
  - f.** un sistema di cavi MT a 30 kV interrati per il collegamento interno fra le cabine a base torre degli aerogeneratori, fra queste cabine e la cabina di parallelo e fra quest'ultima e la cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV;
  - g.** Gruppi di Misura (GdM), Apparecchi di Misura e apparecchiature elettriche di protezione e controllo;
  - h.** opere civili (strada di accesso, piazzole a servizio degli aerogeneratori, etc);
  - i.** impianto di utenza a cura del proponente costituito da un sistema di cavi interrati 36 kV di vettoriamento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alla RTN dalla cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV allo stallo dedicato a 36 kV da realizzare nella nuova SE 220/36 kV della RTN;
  - j.** impianto di rete (a cura di Terna S.p.A.) come da soluzione tecnica proposta dal Gestore di Rete, e accettata formalmente

in data 30/06/2022, che prevede la realizzazione di una nuova sezione (o stallo) arrivo produttore a 36 kV della Stazione Elettrica (SE) a 220/36 kV della RTN, la quale sarà inserita in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV “Partinico - Partanna”.

Con i dati in nostro possesso, abbiamo redatto la presente relazione geologico-tecnica corredata dai seguenti elaborati:

- ✓ n. 13 carte geomorfologiche di dettaglio (una per ogni aerogeneratore);
- ✓ n. 1 carta geologica in scala 1/10.000 (fuori testo);
- ✓ n. 5 carte relative al P.A.I. piano di assetto idrogeologico e P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni (fuori testo);
- ✓ n. 1 carta relativa alla rete idrografica in scala 1/10.000;
- ✓ n. 2 colonne stratigrafiche tipo dei terreni di sedime;
- ✓ elaborati relativi ai sondaggi di sismica passiva a stazione singola (tromografia) denominati T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e TSOTT con la relativa documentazione fotografica.

I risultati e le ipotesi geologiche formulate in questa sede sono da confermare con l'esecuzione delle indagini indicate nell'apposito capitolo, nella successiva fase di progettazione esecutiva.

Si ritiene, infatti, che in fase di progetto esecutivo e di calcolo delle strutture di fondazione si renderà necessario integrare le indagini con la realizzazione di un sondaggio e relative prove geotecniche in situ ed in laboratorio in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e dell'area in cui saranno realizzate le cabine di parallelo e di trasformazione utente 30 kV/36 kV nell'esatta posizione in cui, a valle dell'iter autorizzativo, saranno effettivamente realizzati ed alcuni pozzetti esplorativi in corrispondenza dei tracciati dei cavidotti.

## 2. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato realizzato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed, infine, una campagna di rilievi effettuati direttamente nell'area strettamente interessata dallo studio.

L'insieme dei terreni presenti, delle relative aree di affioramento e dei rapporti stratigrafici e strutturali è riportato nella carta geologica allegata alla presente relazione.

I tipi litologici affioranti nell'area studiata sono riferibili ad un ampio periodo di tempo che va dall'Oligocene medio - superiore all'Olocene e che distinguiamo dal più recente al più antico:

- **DEPOSITI ALLUVIONALI (Olocene):** si tratta prevalentemente di rocce sciolte costituite da limi, silt, ghiaie, sabbie e sabbie limose con inclusi sporadici blocchi con giacitura sub-orizzontale. Le sabbie presentano granulometria variabile da fine a grossolana. Le ghiaie sono caratterizzate da sporadici clasti calcarei arrotondati di dimensioni da millimetriche a decimetriche.

Interessano alcuni tratti dell'impianto di utenza.

- **DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (Olocene):** Sono prevalentemente costituito da ghiaie, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con intercalazioni di strati e banchi calcarenitici.

Interessano la porzione superficiale di alcuni aerogeneratori e parte dell'impianto di utenza.

➤ **FM. TERRAVECCHIA (Tortoniano-Messiniano inf.):** Questa formazione è stata introdotta da Schmidt di Friedberg nel 1962 e prende il nome dalla località tipo: il fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, circa 2 km a nord di S. Caterina Villaeramosa. I depositi sono costituiti in basso da una sequenza conglomeratica più o meno potente, passante verso l'alto a sabbie, arenarie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille ed argille marnose, spesso siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile, talora anche con lenti conglomeratiche. Si distinguono due litofacies tipiche:

1. **Litofacies conglomeratica:** comprende le sequenze prevalentemente conglomeratiche presenti nella formazione. I conglomerati sono costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea e quarzarenitica.
2. **Litofacies sabbiosa:** comprende le sequenze prevalentemente sabbiose, arenacee presenti nella formazione. Si tratta di sabbie e/o arenarie in cui si distinguono sabbie, sabbie limose ed arenarie, di colore da giallastro al tabacco, limi sabbiosi e sabbie limose. In particolare si rinvencono sabbie quarzose da bruno giallastre a rossastre, in genere incoerenti o debolmente cementate, cui si alternano banchi di arenarie quarzose e sottili livelli conglomeratici con ciottoli appiattiti.
3. **Litofacies argilloso-marnosa:** Si tratta di argille ed argille sabbiose, di colore grigio e tabacco, con intercalati sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione e da marne e marne argillose con tenori variabili di sabbie quarzose con foraminiferi planctonici passanti verso l'alto a marne e marne sabbiose brune a foraminiferi. Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un

abbondante scheletro sabbioso in cui prevalgono quarzo, gesso, calcite, tracce di dolomite, feldspati, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da kaolinite, illite e scarsa clorite, cui si aggiungono in minori quantità interlaminazioni illitiche-montmorillonitiche. La tessitura è brecciata e talora a scaglie; la stratificazione è marcata dai sottili livelli sabbiosi intercalati. Le argille spesso si presentano piuttosto tettonizzate con giunti variamente orientati con superfici lucide.

In particolare:

- Le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori CAN\_01, CAN\_04, CAN\_05, CAN\_08, CAN\_09, CAN\_10, CAN\_12 e CAN\_13 sono caratterizzate dall'affioramento della frazione conglomeratica con spessore variabile tra 2 e 7 metri che poggia sulla frazione sabbiosa con spessori variabili tra 5 e 10 metri e successivamente su quella argillosa della Fm. Terravecchia;
- Le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori CAN\_02, CAN\_03, CAN\_06, CAN\_07 e CAN\_11 sono caratterizzate dall'affioramento della frazione sabbiosa con spessori variabili tra 5 e 10 metri che poggia sulla frazione argillosa della Fm. Terravecchia.

Entrambe le frazioni di presentano alterate per uno spessore variabile tra 6 e 10 m di profondità dal p.c.

Tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 0.5 e 3.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato.

### **3. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE**

Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in tre settori:

- ⇒ un settore occidentale caratterizzato da un habitus geomorfologico piuttosto irregolare e contraddistinto dall'affioramento dei terreni riferibili alla frazione conglomeratica della Fm. Terravecchia,
- ⇒ un settore ad habitus geomorfologico regolare, caratterizzato da rilievi dolci e mammellonati dove prevalgono i litotipi argillosi e sabbiosi della stessa formazione con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni,
- ⇒ una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali recenti e terrazzati caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie.

Questa marcata differenziazione di origine “strutturale” viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta “erosione selettiva”, ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica e da quelle di scorrimento superficiale.

Le litologie più coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono, quindi, a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudo-coerenti o incoerenti.

I processi morfodinamici prevalenti nel sistema morfoclimatico attuale vedono, infatti, come agente dominante l'acqua, sia per quanto riguarda i

processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque selvagge, che per i processi di erosione e/o sedimentazione operati dalle acque incanalate.

Sono essenzialmente i processi fluviali quelli che hanno esplicito e tutt'ora esplicano un ruolo fondamentale nell'evoluzione geomorfologica dell'area.

Per quanto riguarda i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta organizzato in maniera abbastanza indipendente da discontinuità iniziali, con un pattern molto articolato dove affiorano i materiali fini da poco permeabili ad impermeabili, mentre diventa poco articolato in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di litologie conglomeratiche permeabili, come desumibile dal rilievo aero fotogeologico.

Si evidenzia che sia il PAI che la relazione geologica allegata alla revisione del PRG, sia pure ancora in fase di approvazione, hanno dettagliato in maniera approfondita le varie forme di dissesto presenti nel territorio interessato, dovuti alla particolare stratigrafia locale che vede le facies più o meno permeabili in alto (facies conglomeratica e facies sabbiosa) ed i litotipi impermeabili (facies argillosa) in basso che funge da substrato impermeabile.

Questa particolare situazione favorisce l'imbibizione dei litotipi superficiali ed un sistema multifalde a carattere stagionale che nei periodi invernali mantiene in condizioni di saturazione gli strati superficiali che, sia pure in condizioni di versanti a debole pendenza, tendono frequentemente a scivolare verso il basso.

Il presente studio, vista la delicatezza della componente geomorfologica, ha dedicato un ampio approfondimento con rilievi di superficie ed interpretazioni aero foto geomorfologiche, ricostruendo con estremo detta-

glio le tipologie e le dimensioni areali e spaziali dei singoli fenomeni gravitativi.

Per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dalle indagini geofisiche eseguite per il presente studio, si evince che le condizioni di stabilità delle singole opere d'arte sono caratterizzate da:

**1) *Aerogeneratore CAN\_01***: E' ubicato in un terrazzo marino stabile senza elementi idrografici superficiali.

Lungo il versante Sud-Est, a distanza notevole dalla piazzola, il PAI ha individuato una frana inattiva (colore arancio nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata) che con il presente studio è stata rielaborata nelle dimensioni areali (colore verde nella stessa cartografia).

Si tratta di una frana superficiale che coinvolge uno spessore limitato ed è tipologicamente riferibile ai "Flow".

Per la tipologia e l'ubicazione non ha alcuna interferenza con la piazzola e con le fondazioni dell'aerogeneratore;

**2) *Aerogeneratore CAN\_02***: E' ubicato in un versante a debole pendenza in un'area stabile.

Lungo il versante Nord Est il PAI (colore rosso nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata) e lo studio geologico allegato alla revisione del PRG (colore grigio nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata) individuano un importante fenomeno gravitativo, anch'esso

riferibile ai “Flow”, ridisegnato con maggiore dettaglio a seguito degli approfonditi studi eseguiti per il presente lavoro.

Nel versante Ovest il presente studio ha individuato un’area caratterizzata da instabilità geomorfologica.

Entrambi sono però a distanza tale da non interferire con la piazzola e le fondazioni dell’aerogeneratore;

**3) Aerogeneratore CAN\_03):** E’ ubicato in un versante a debole pendenza dove lo studio geologico allegato al PRG ha individuato un fenomeno gravitativo di tipo “Flow”.

Nell’ambito del presente studio questo movimento è stato ridisegnato con maggiore dettaglio.

Si tratta di un fenomeno molto superficiale che interessa i primi 2-3 metri di terreno alterato, facilmente consolidabile con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata;

**4) Aerogeneratore CAN\_04):** E’ ubicato in un versante a pendenza media dove lo studio geologico allegato al PRG ha individuato nel versante Ovest un fenomeno gravitativo di tipo “Rotational Slide”.

Nell’ambito del presente studio questo movimento è stato ridisegnato con maggiore dettaglio.

Si tratta di un fenomeno superficiale che interessa i primi 3-4 metri di terreno alterato, facilmente consolidabile con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata.

Un altro movimento geodinamico è presente ad Est non interferente con le opere in progetto;

**5) Aerogeneratore CAN\_05):** E' ubicato in un terrazzo marino circondato da versanti a bassa acclività dove lo studio geologico allegato al PRG ha individuato fenomeni gravitativo di tipo "Flow".

Nell'ambito del presente studio questi movimenti sono stati ridisegnati con maggiore dettaglio e ne sono stati individuati altri due.

Nessuno di questi fenomeni sono interferenti con le opere in progetto;

**6) Aerogeneratore CAN\_06):** E' ubicato in area subpianeggiante, stabile, priva di reticolato idrico superficiale;

**7) Aerogeneratore CAN\_07):** E' ubicato in area a debole pendenza, stabile, priva di reticolato idrico superficiale;

**8) Aerogeneratore CAN\_08):** E' ubicato in un terrazzo marino delimitato ad Ovest ed ad Est da versanti a media pendenza.

In quello Ovest il presente studio ha individuato un fenomeno di tipo "Rotational Slide" a distanza notevole dalle opere in progetto e per nulla interferente con quest'ultime, mentre nel versante Est lo studio geologico allegato al PRG ha individuato un fenomeno gravitativo di tipo "Rotational Slide" interferente con le opere in progetto.

Nell'ambito del presente studio questo movimento è stato ridisegnato con maggiore dettaglio.

Si tratta di un fenomeno superficiale che interessa i primi 3-4 metri di terreno alterato, facilmente consolidabile con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata;

**9) Aerogeneratore CAN\_09):** E' ubicato in un terrazzo marino circondato da versanti a media acclività dove lo studio geologico allegato al PRG ha individuato fenomeni gravitativi di tipo "Flow".

Nell'ambito del presente studio questi movimenti sono stati ridisegnati con maggiore dettaglio.

Non sono interferenti con le opere in progetto;

**10) Aerogeneratore CAN\_10):** E' ubicato in un versante a debolissima pendenza caratterizzato da due colamenti gravitativi molto superficiali (1-2 metri di spessore coinvolto) indicati nel PAI e confermati dal presente studio, facilmente consolidabili con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata;

**11) Aerogeneratore CAN\_11):** E' ubicato in un versante a debole pendenza caratterizzato da un colamento gravitativo molto superficiale (1-2 metri di spessore coinvolto) evidenziato dal presente studio, facilmente consolidabile con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata;

**12) Aerogeneratore CAN\_12):** E' ubicato in area a debole pendenza, stabile, priva di reticolato idrico superficiale.

Nel versante Ovest è presente un fenomeno gravitativo superficiale non interferente con le opere in progetto;

**13) Aerogeneratore CAN\_13):** E' ubicato in un versante a debole pendenza caratterizzato da fenomeni gravitativi indicati nello studio geologico allegato al PRG molto superficiali (3-4 metri di

spessore coinvolto) e ridisegnati dal presente studio, facilmente consolidabili con opere di ingegneria naturalistica o con una paratia come indicato nella carta geomorfologica di dettaglio di seguito allegata;

**14) Impianto di utenza (sistema cavi interrati 36 kV):** Pur sviluppandosi quasi esclusivamente lungo la viabilità esistente, interferisce con alcuni fenomeni gravitativi, che pur non essendo ostativi alla realizzazione dello stesso, saranno oggetto, in fase di progettazione esecutiva, di accordi con gli enti gestori delle infrastrutture interessate per la realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica per il loro consolidamento;

**15) Stazione elettrica RTN (in capo al Gestore di Rete, già autorizzata dagli enti):** E' ubicata in area a debole pendenza, stabile.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 2 tipi di permeabilità prevalente:

❖ **Rocce permeabili per porosità:** Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti.

In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi.

Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi.

Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi alluvionali ed ai litotipi conglomeratici e sabbiosi della Fm. Terravecchia.

❖ **Rocce impermeabili:** Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili.

Si mette in evidenza, però, che l'acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti.

Rientrano in questo complesso i terreni afferenti al Complesso argilloso della Fm. Terravecchia.

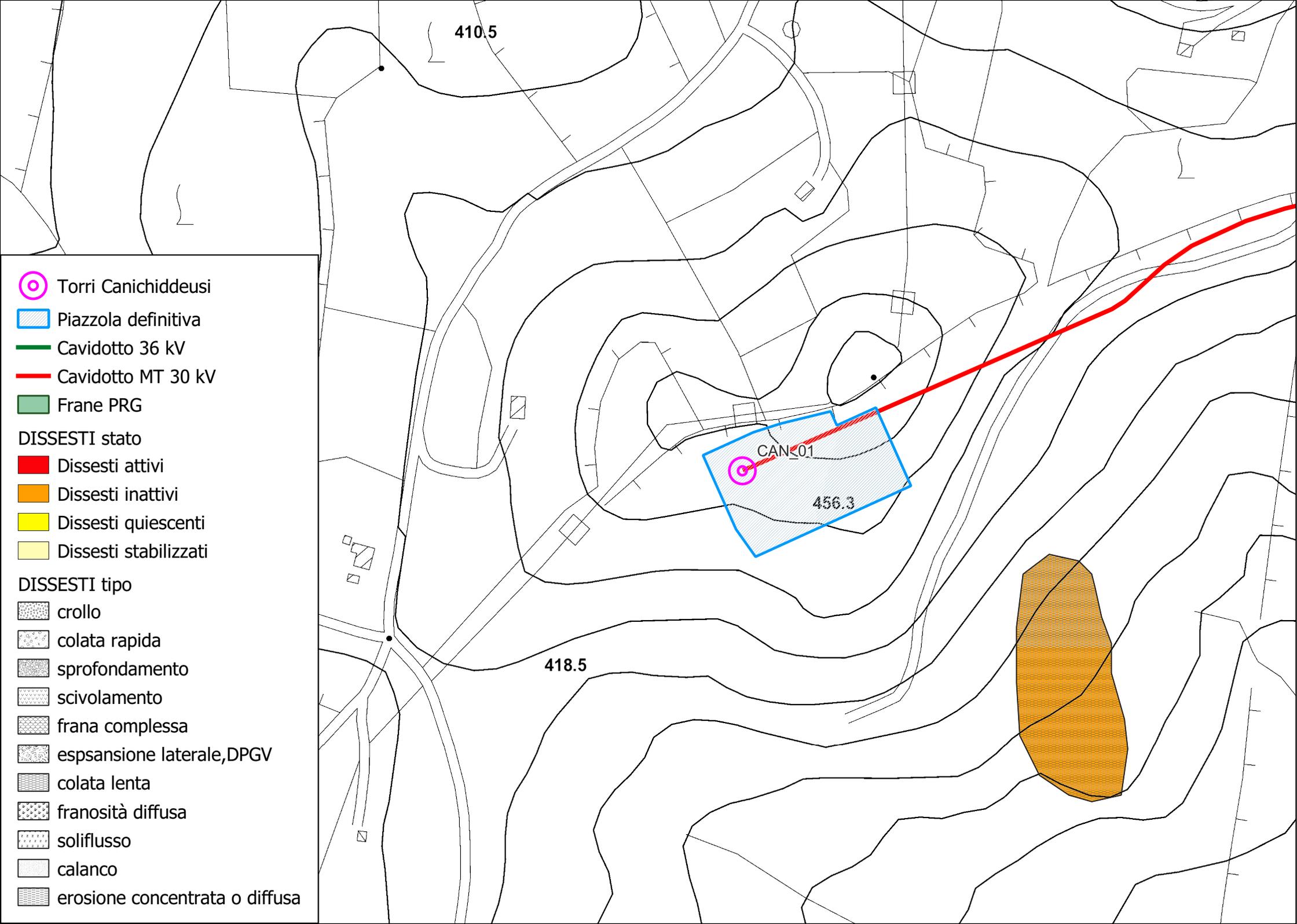
La particolare situazione geologica favorisce l'imbibizione dei litotipi superficiali ed un sistema multifalde a carattere stagionale che nei periodi invernali mantiene in condizioni di saturazione gli strati superficiali.

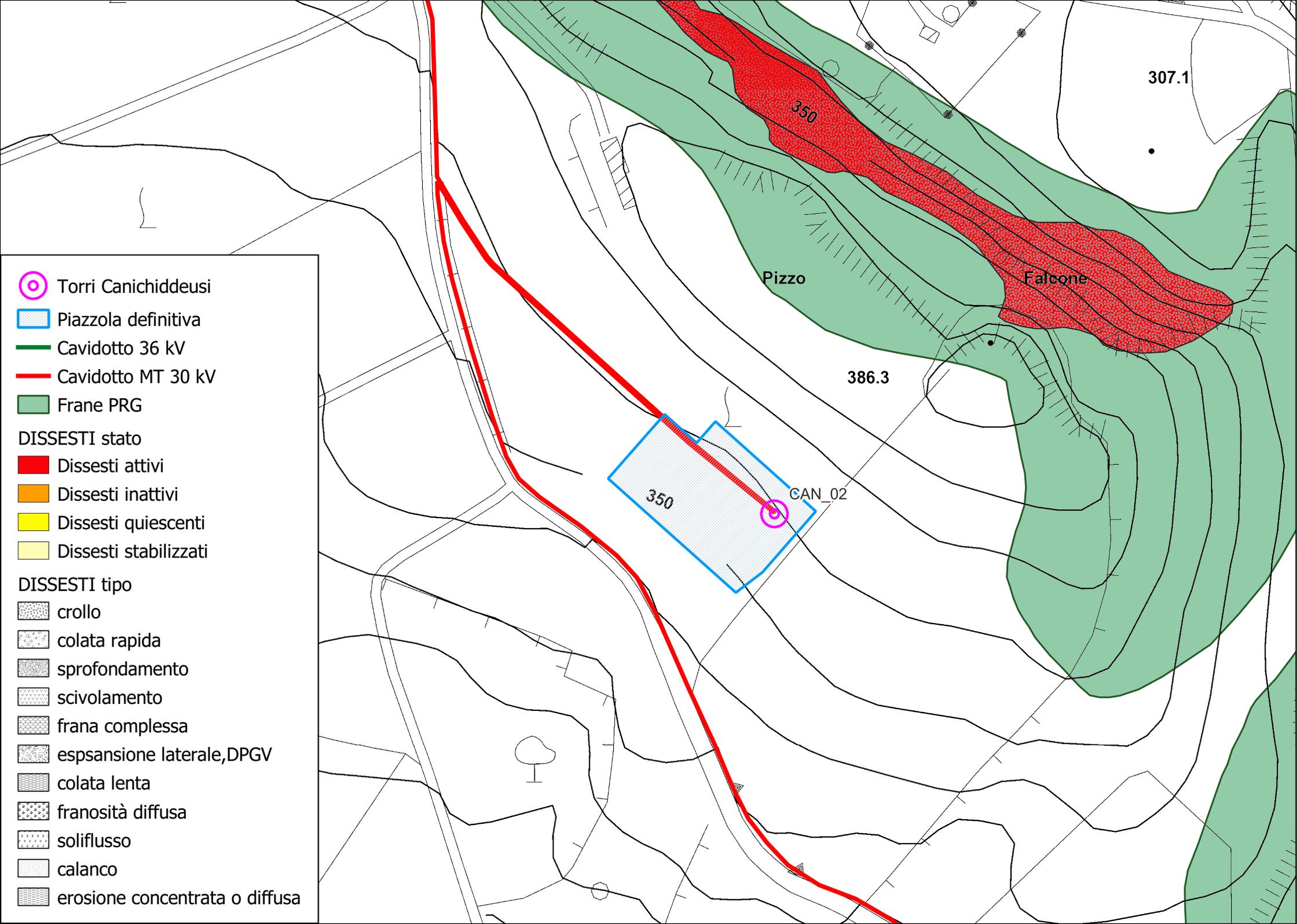
***L'area non rientra all'interno di acquiferi considerati dalla Regione come significativi ma l'area è comunque ricca di risorse idriche.***

Un pozzo tutelato dal Piano di Tutela delle Acque è individuato nelle vicinanze del parco ma a distanza tale che quest'ultimo non interferisce con l'area di tutela (vedi carte del PTA fuori testo codici SIA17, SIA18 e SIA19).

Le fondazioni degli aerogeneratori pur essendo con molta probabilità di tipo indiretto su pali, non interferiscono con le falde freatiche presenti, né con il loro deflusso sotterraneo in quanto ubicati nelle parti più alte dei versanti.

Inoltre, le distanze relative tra gli aerogeneratori e quelle dei pali delle singole fondazioni sono tali da non poter in alcun modo provocare alcun effetto diga o modificare le linee di deflusso sotterraneo.





 Torri Canichiddeusi

 Piazzola definitiva

 Cavidotto 36 kV

 Cavidotto MT 30 kV

 Frane PRG

DISSESTI stato

 Dissesti attivi

 Dissesti inattivi

 Dissesti quiescenti

 Dissesti stabilizzati

DISSESTI tipo

 crollo

 colata rapida

 sprofondamento

 scivolamento

 frana complessa

 espansione laterale,DPGV

 colata lenta

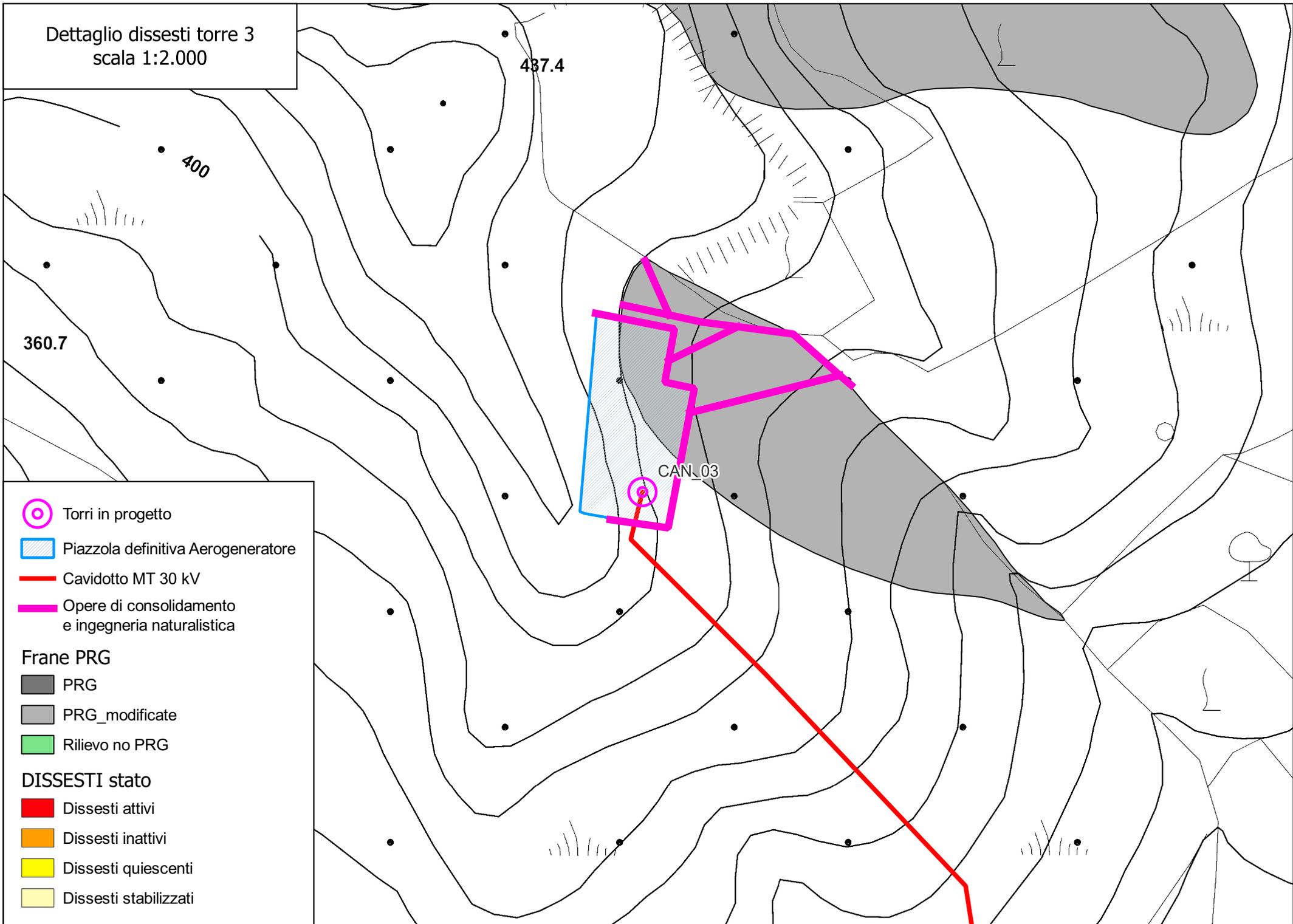
 franosità diffusa

 soliflusso

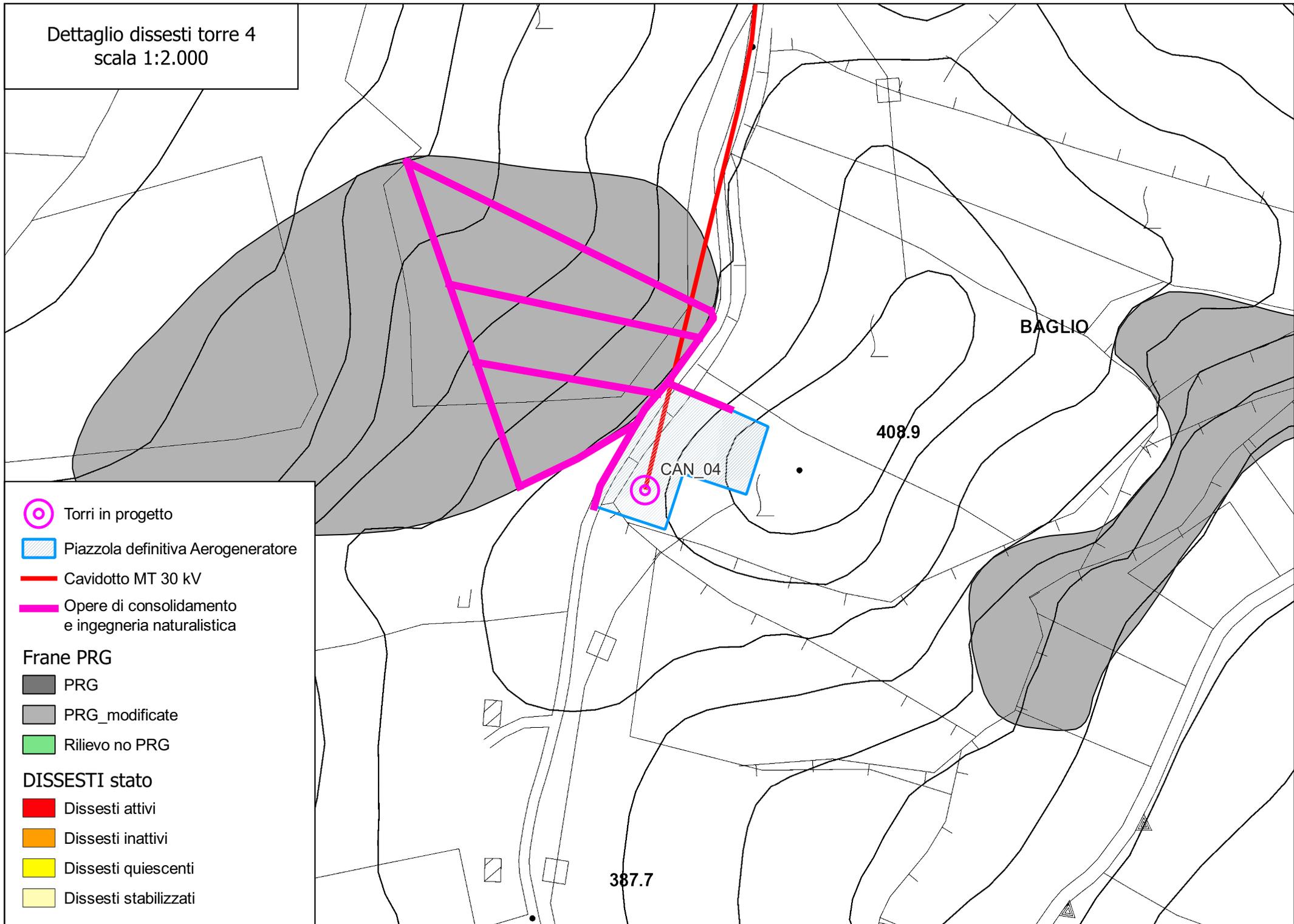
 calanco

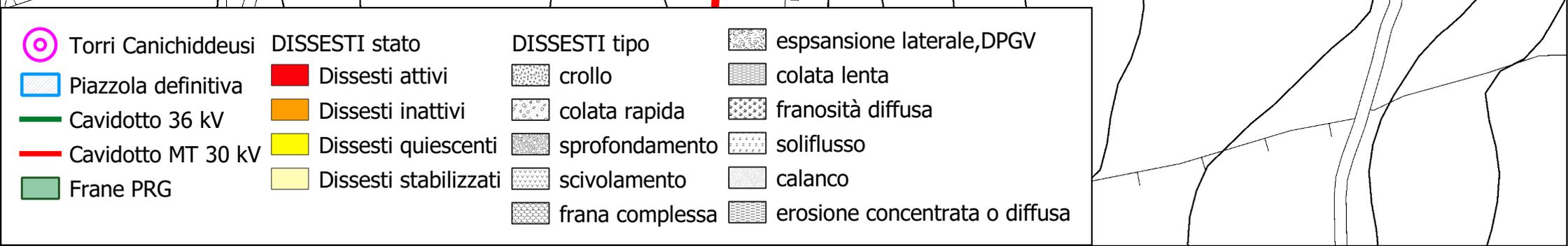
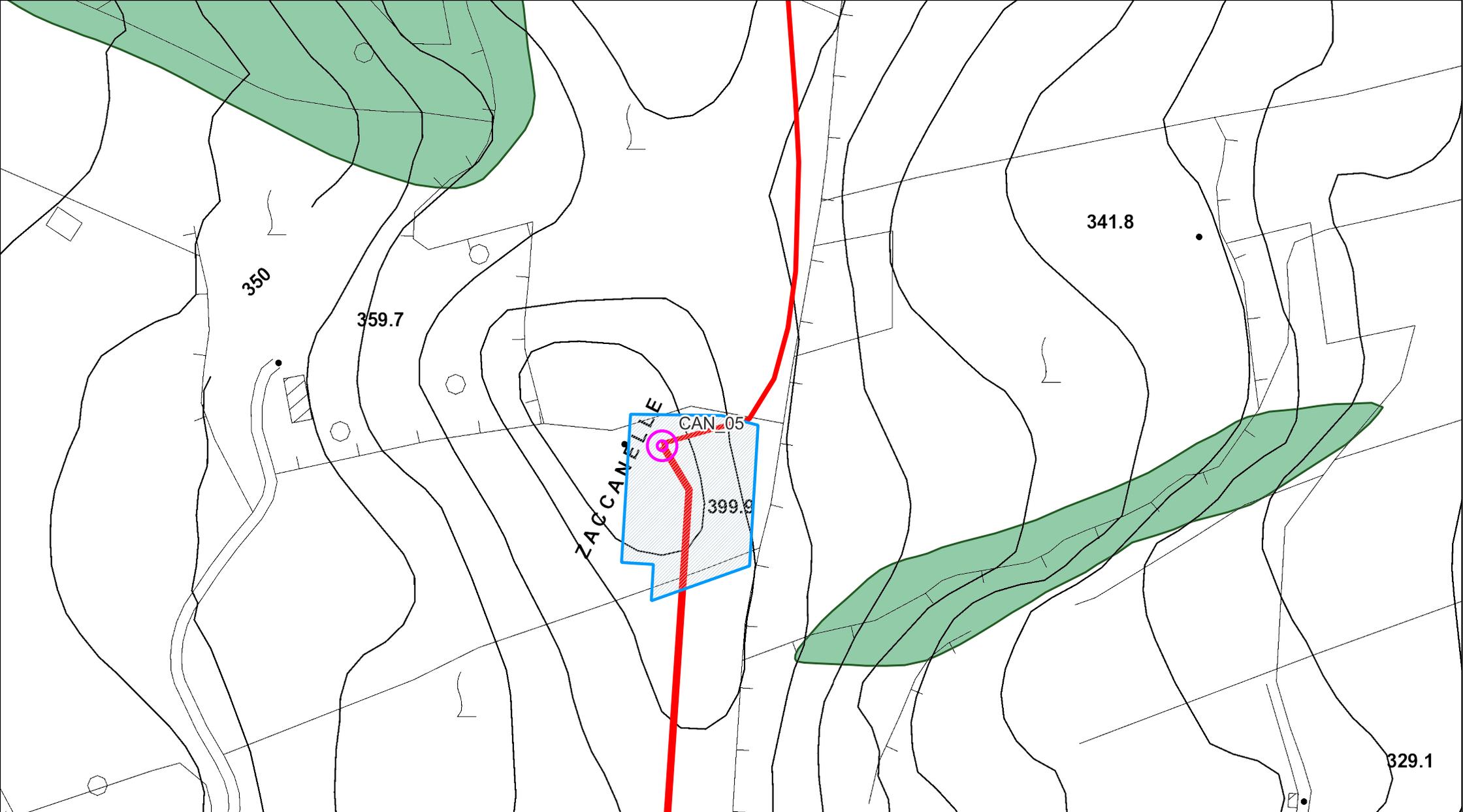
 erosione concentrata o diffusa

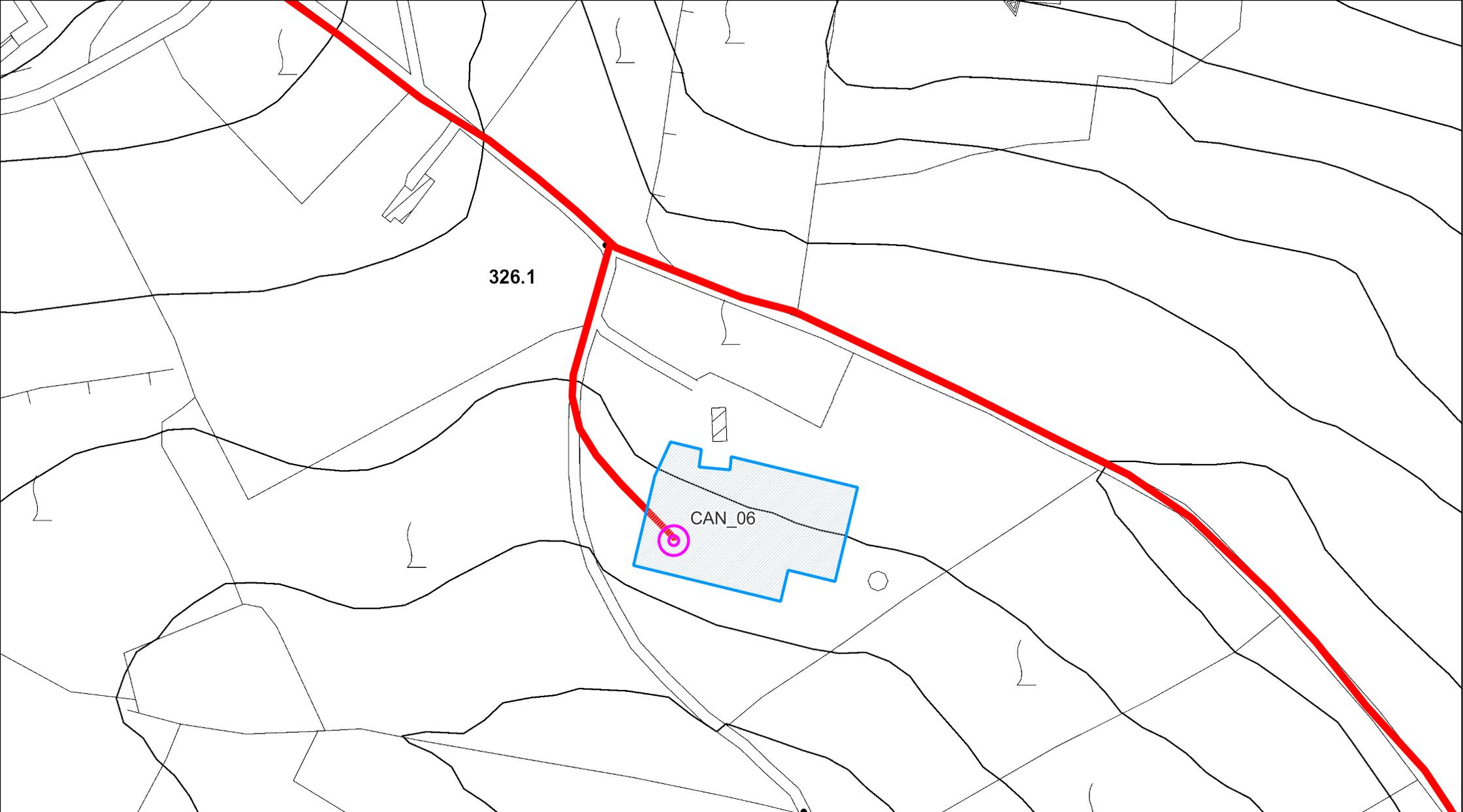
Dettaglio dissesti torre 3  
scala 1:2.000



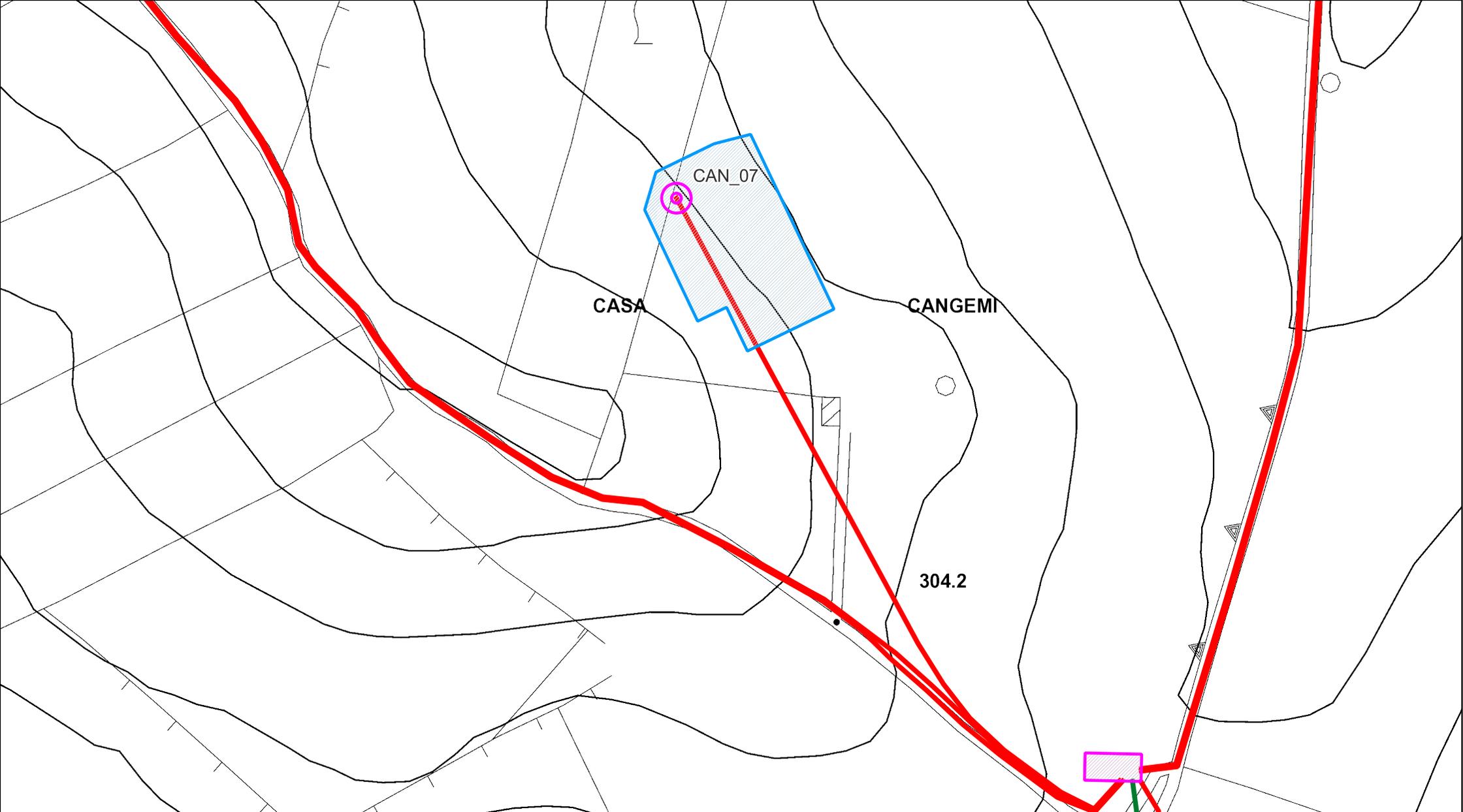
Dettaglio dissesti torre 4  
scala 1:2.000



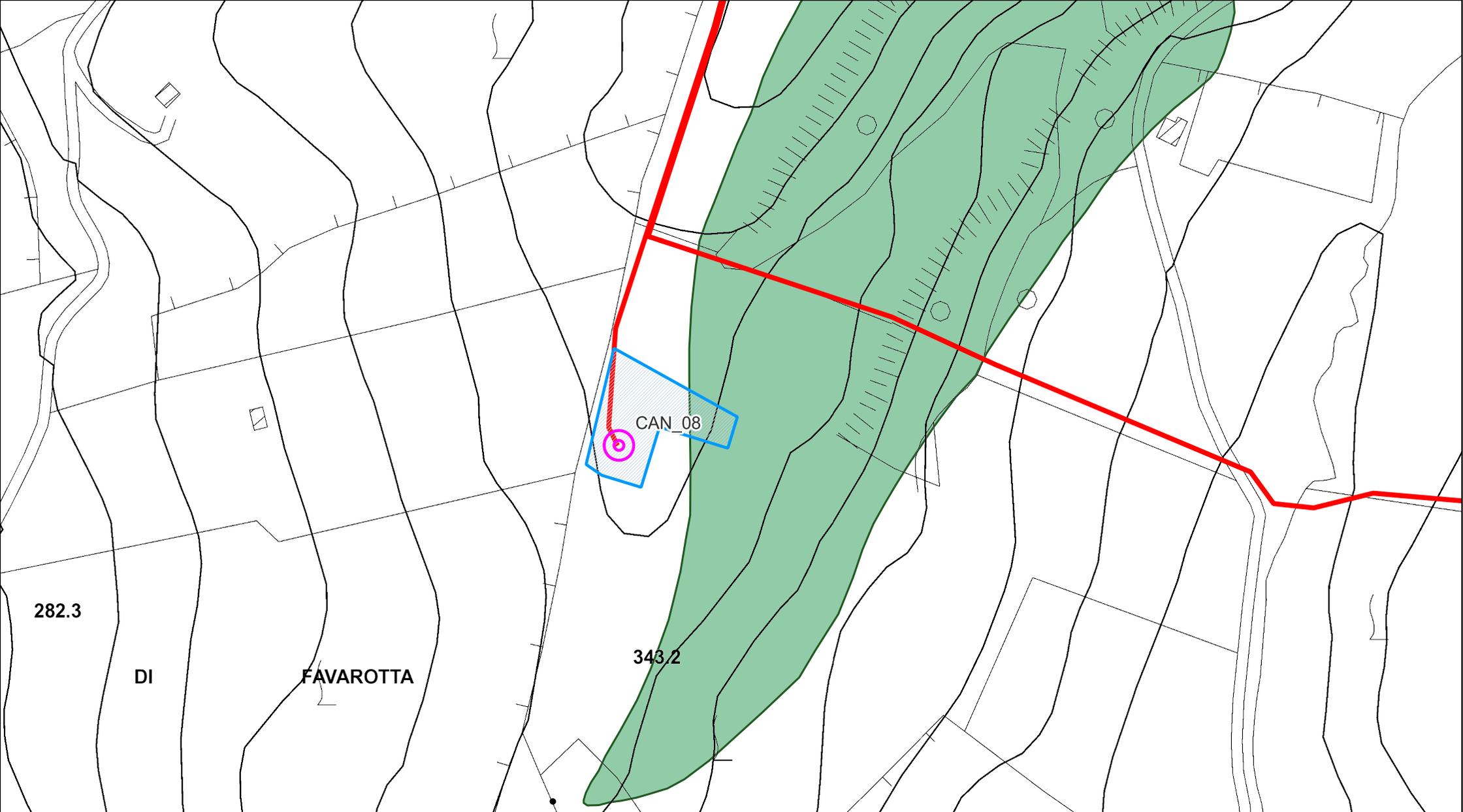




	Torri Canichiddeusi	<b>DISSESTI stato</b>	<b>DISSESTI tipo</b>		espansione laterale,DPGV
	Piazzola definitiva		Dissesti attivi		crollo
	Cavidotto 36 kV		Dissesti inattivi		colata rapida
	Cavidotto MT 30 kV		Dissesti quiescenti		sprofondamento
	Frane PRG		Dissesti stabilizzati		scivolamento
					frana complessa
					erosione concentrata o diffusa
					colata lenta
					franosità diffusa
					soliflusso
					calanco



	Torri Canichiddeusi	<b>DISSESTI stato</b>	<b>DISSESTI tipo</b>		espansione laterale,DPGV
	Piazzola definitiva				colata lenta
	Cavidotto 36 kV				franosità diffusa
	Cavidotto MT 30 kV				soliflusso
	Frane PRG				calanco
					erosione concentrata o diffusa



	Torri Canichiddeusi	<b>DISSESTI stato</b>	<b>DISSESTI tipo</b>		espansione laterale,DPGV
	Piazzola definitiva		Dissesti attivi		colata lenta
	Cavidotto 36 kV		Dissesti inattivi		franosità diffusa
	Cavidotto MT 30 kV		Dissesti quiescenti		soliflusso
	Frane PRG		Dissesti stabilizzati		scivolamento
					frana complessa
					calanco
					erosione concentrata o diffusa

Dettaglio dissesti torre 9  
scala 1:2.000

Pizzo

382.4

CAN\_09

-  Torri in progetto
-  Piazzola definitiva Aerogeneratore
-  Cavidotto MT 30 kV
-  Opere di consolidamento

Frane PRG

-  PRG
-  PRG\_modificate
-  Rilievo no PRG

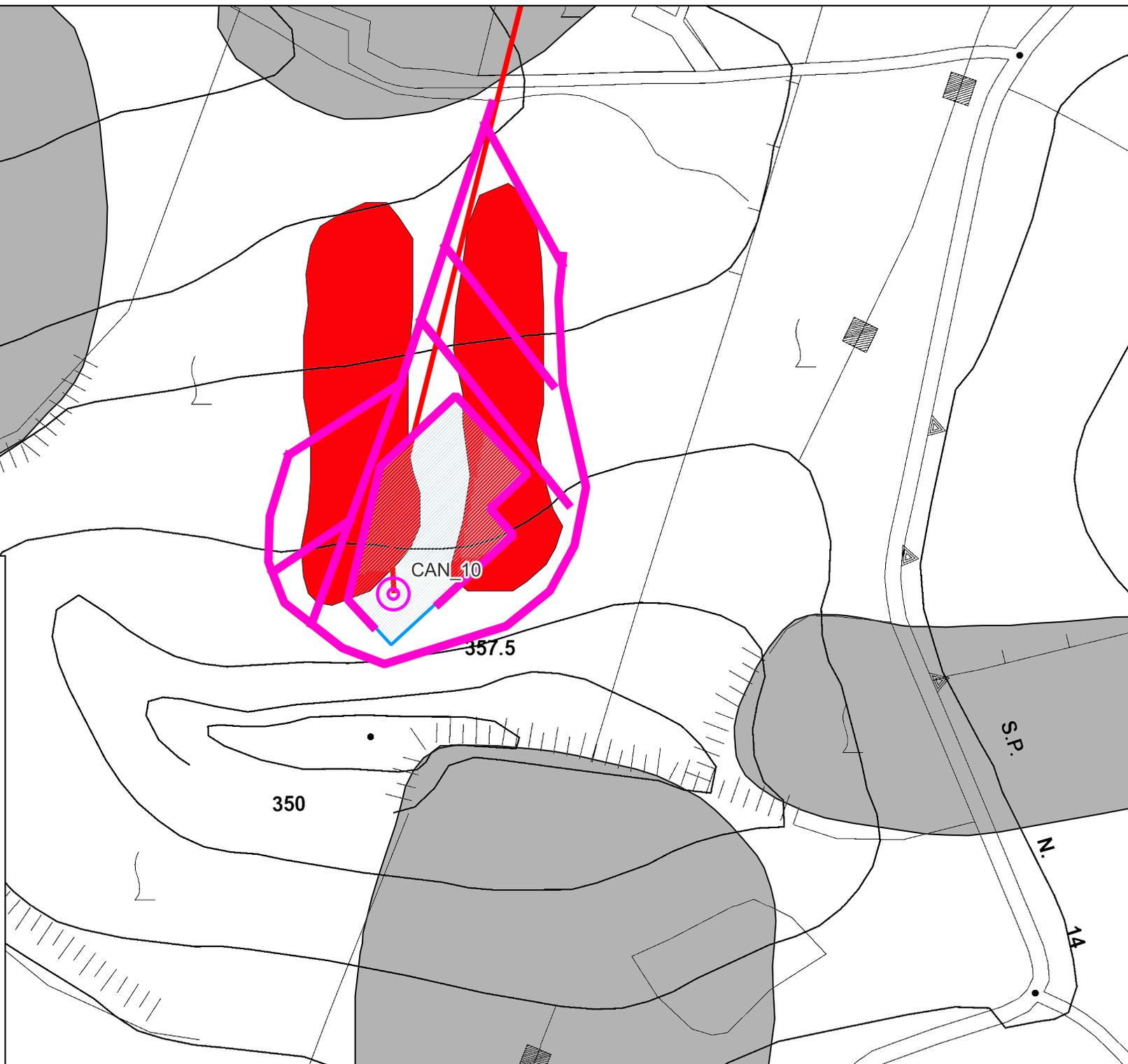
DISSESTI stato

-  Dissesti attivi
-  Dissesti inattivi
-  Dissesti quiescenti
-  Dissesti stabilizzati

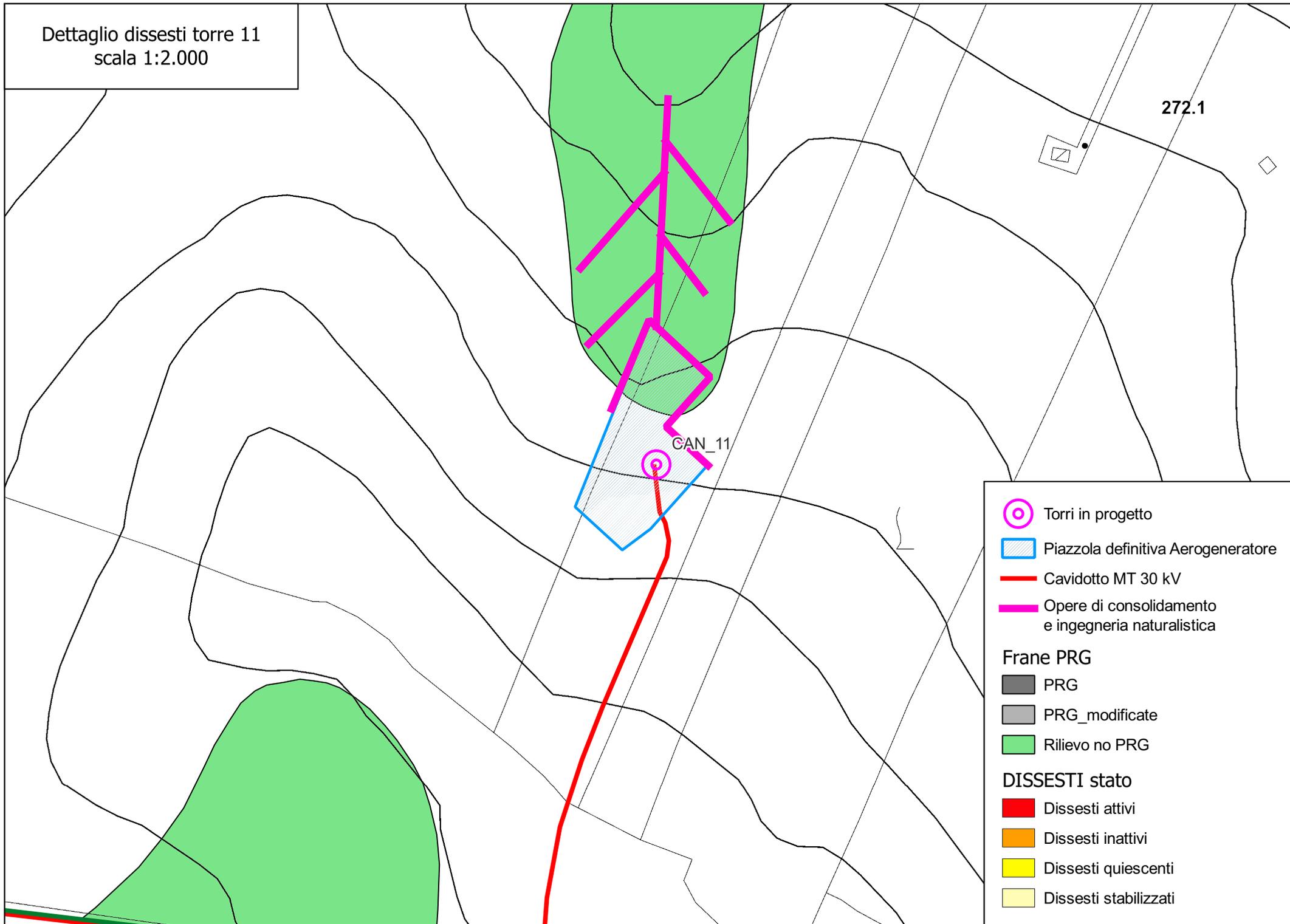


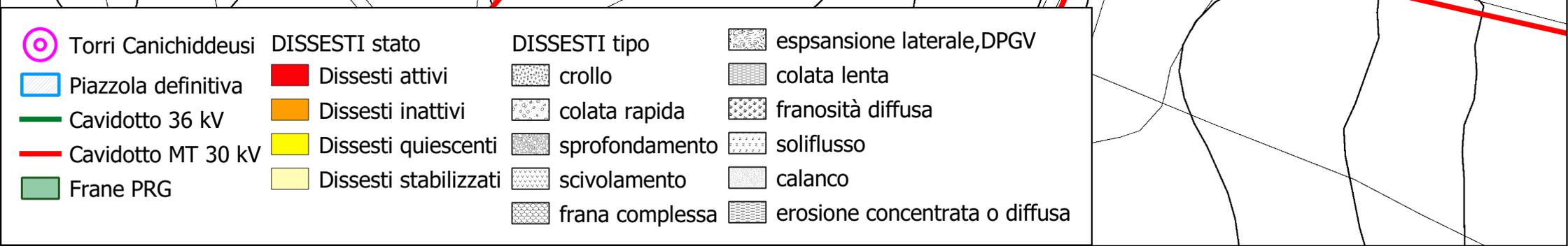
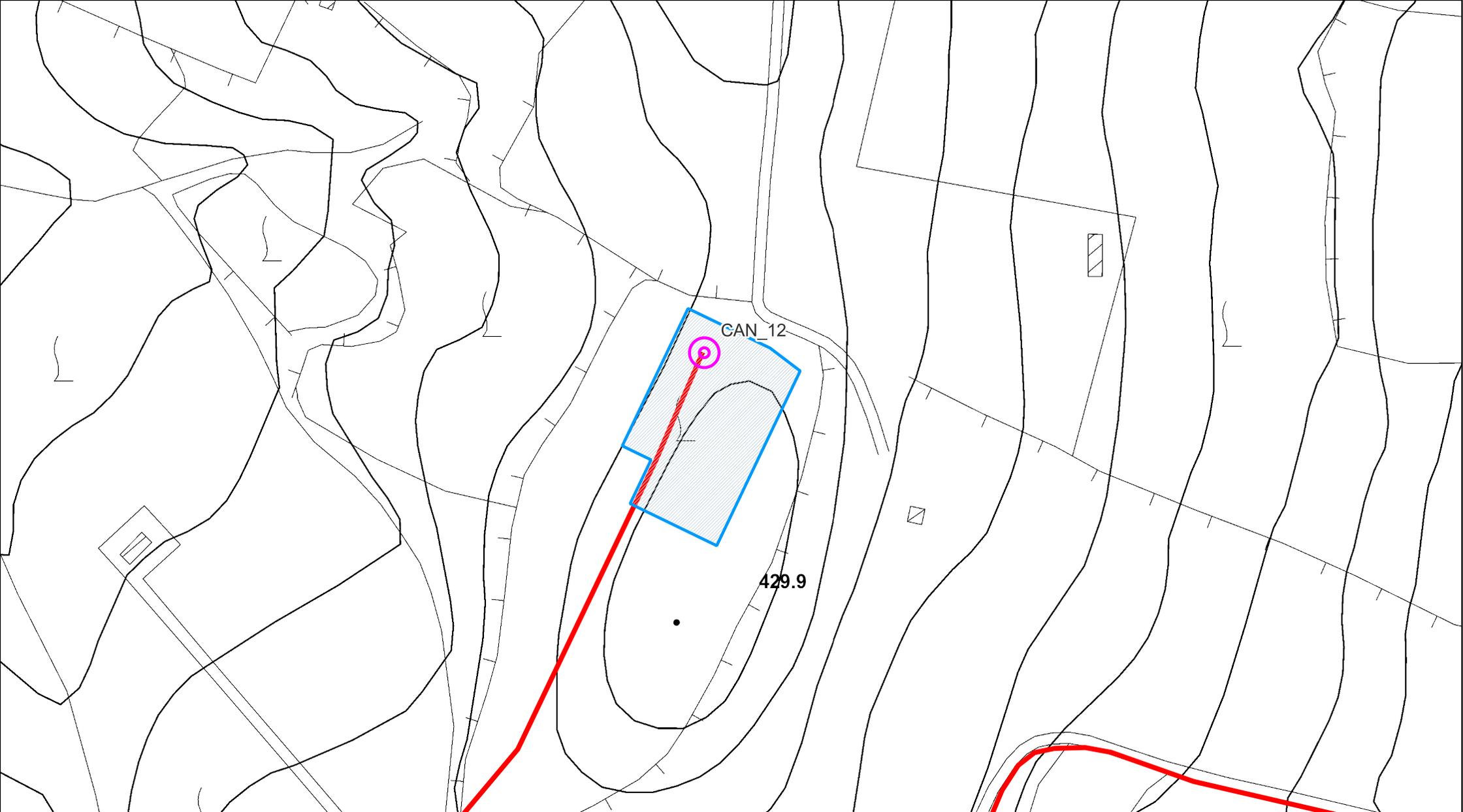
Dettaglio dissesti torre 10  
scala 1:2.000

-  Torri in progetto
  -  Piazzola definitiva Aerogeneratore
  -  Cavidotto MT 30 kV
  -  Opere di consolidamento e ingegneria naturalistica
- Frane PRG
-  PRG
  -  PRG\_modificate
  -  Rilievo no PRG
- DISSESTI stato
-  Dissesti attivi
  -  Dissesti inattivi
  -  Dissesti quiescenti
  -  Dissesti stabilizzati

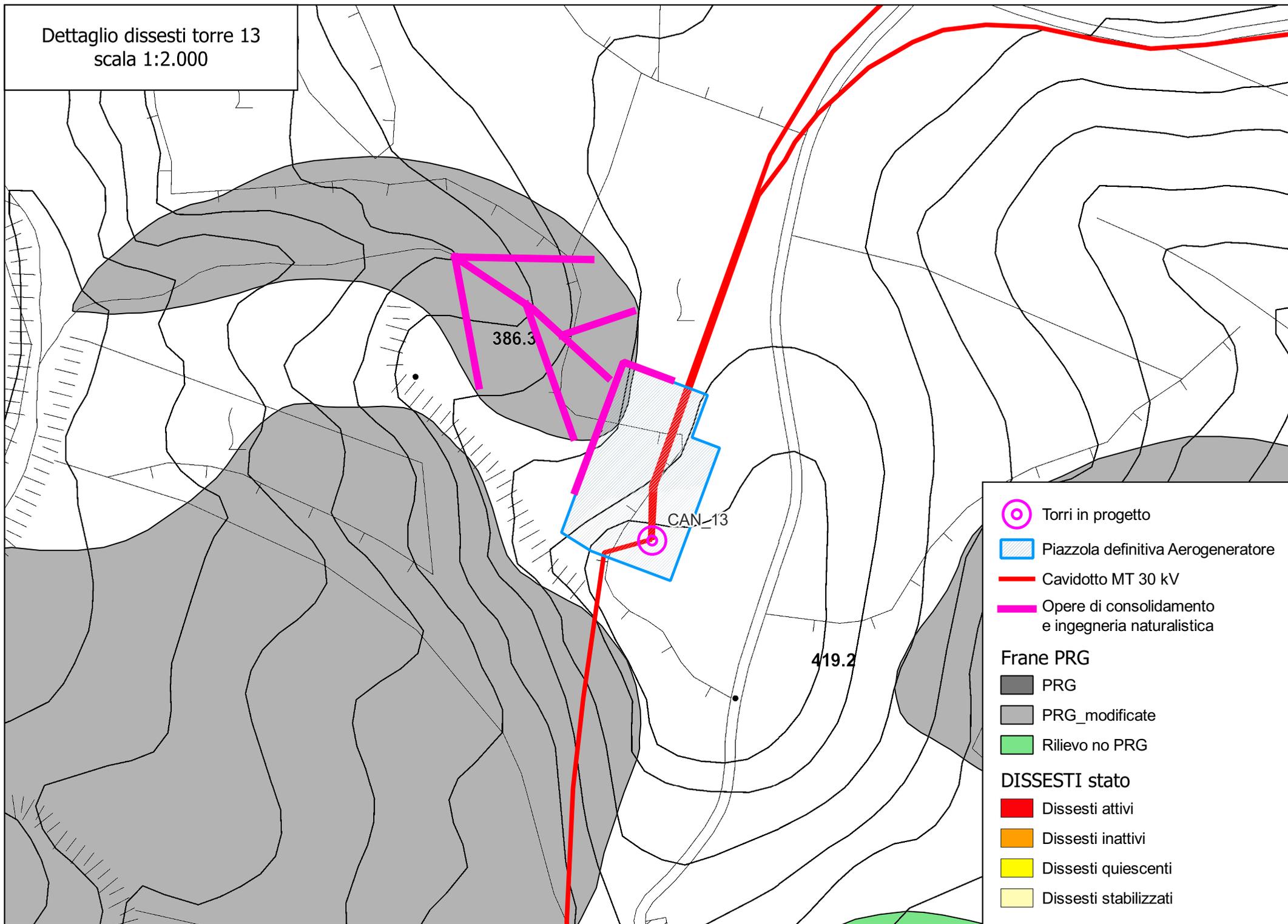


Dettaglio dissesti torre 11  
scala 1:2.000





Dettaglio dissesti torre 13  
scala 1:2.000



#### **4. OPERE DI CONSOLIDAMENTO E MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI**

Per preservare i siti dove si realizzeranno gli aerogeneratori CAN\_03, CAN\_04, CAN\_08, CAN\_10, CAN\_11 e CAN\_13, interessati da fenomeni gravitativi superficiali legati soprattutto alle acque meteoriche che infiltrandosi nella coltre alterata della frazione sabbiosa/argillosa della Fm. Terravecchia, verranno adottate tecniche utili alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo che hanno il vantaggio di essere molto elastiche e in grado di adattarsi all'habitus geomorfologico, alle irregolarità del terreno ed a ulteriori movimenti di assestamento del terreno dopo la messa in opera.

In tal modo il consolidamento ed il ripristino delle condizioni ambientali sarà raggiunto impiegando opere relativamente leggere per non sovraccaricare il terreno, assicurando la massima protezione antierosiva.

Nello specifico del nostro caso riteniamo di prevedere:

- ❖ **Fascinate** che consistono nella "messa a dimora di fascine vive di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa".

Le fascinate sono utilizzate negli interventi di sistemazione dei versanti con pendenza non superiore ai 30°-35°; con questo sistema si ottiene il rinverdimento ed il drenaggio superficiale dei pendii mediante la formazione di file di gradoni, disposti parallelamente alle curve di livello, nei quali sono sistemati delle fascine di astoni o ramaglia, possibilmente lunghi e dritti, prelevati da piante legnose con elevata capacità di diffusione vegetativa.

Le fascinate vive comprendono due tipologie costruttive differenziate in base al materiale vegetale impiegato:

⇒ fascinate vive con ramaglia;

⇒ fascinate vive con piantine.

Le fascinate vive con ramaglia comportano un ridotto movimento di terra; la loro realizzazione prevede lo scavo di solchi profondi da 0,3 a 0,5 m ed altrettanto larghi, dove si sistemano orizzontalmente le fascine di ramaglia, prelevate da specie legnose con buona capacità di propagazione vegetativa.

In ogni sezione trasversale della fascina, dovranno essere presenti 5 verghe di almeno 1 cm di diametro, con punti di legatura distanti 70 cm l'uno dall'altro.

La costruzione avviene fissando le fascine di ramaglia con paletti in legno vivo (pioppo o salici) o morto (castagno, larice etc) lunghi almeno 60-100 cm e diametro compreso tra 5 e 10 cm, infissi nel terreno attraverso la fascina o a valle di essa.

Lo scavo viene quindi ricoperto con un leggero strato di terreno proveniente dagli scavi dei fossi superiori.

Le file di gradoni con le fascine di ramaglia sono eseguite orizzontalmente, secondo le curve di livello o con una leggera inclinazione obliqua rispetto al pendio per aumentare la capacità di deflusso delle acque superficiali e l'efficacia drenante del sistema.

La distanza fra file successive si aggira mediamente intorno a 1,5-2 m.

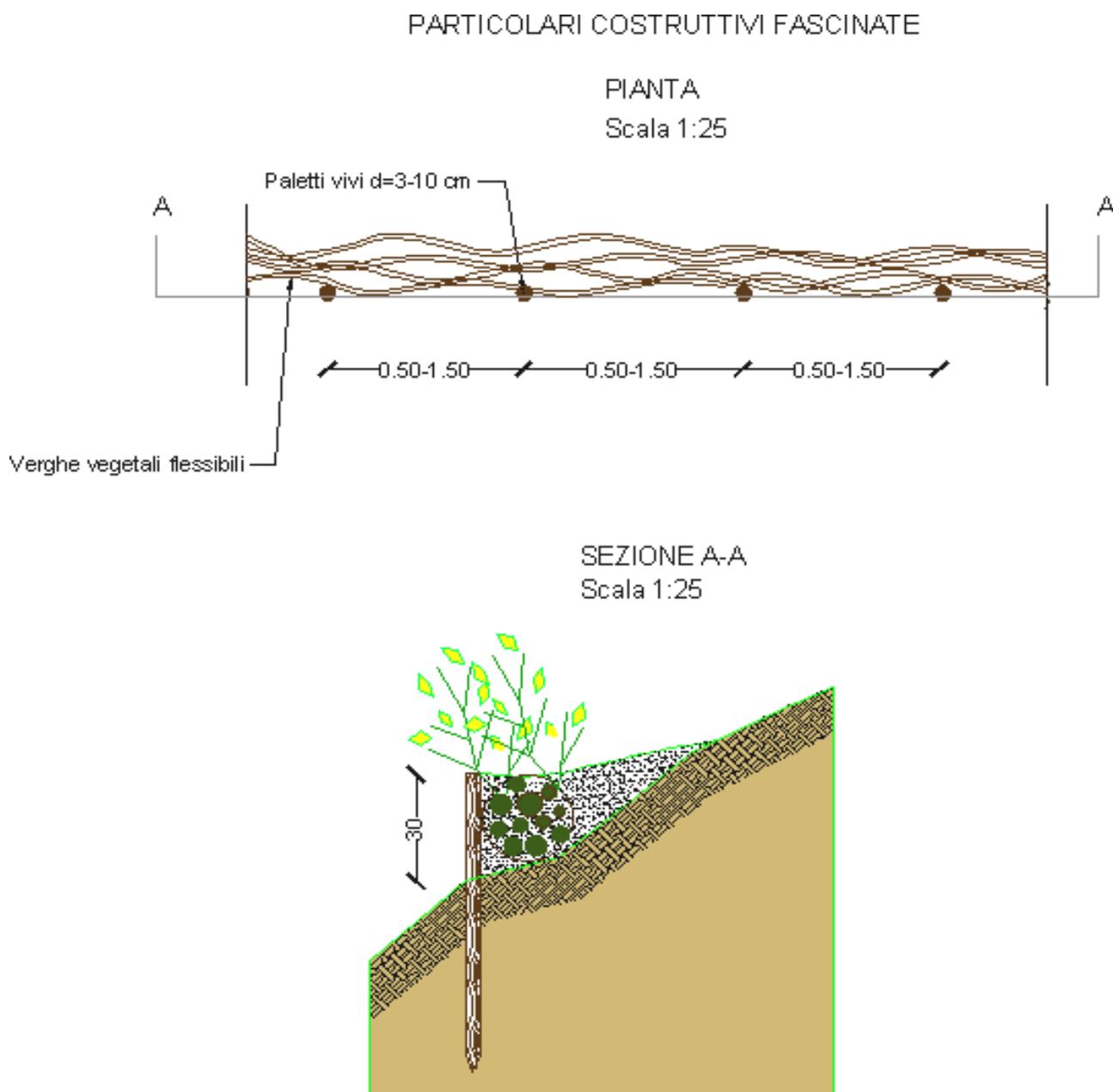
Una variante di questo sistema, applicata dove si richiede una maggiore efficacia consolidante dell'intervento, prevede l'associazione delle fascine con viminate.

Nel caso di fascinata viva con piantine radicate di specie arbustive, l'esecuzione dell'intervento comporta alcuni accorgimenti e procedure diverse da quelle della tecnica precedente. Infatti le fascine di ramaglia sono più leggere e con un numero inferiore di verghe (3-6), i solchi

sono più larghi di circa 10-15 cm e le piantine radicate sono messe a dimora in numero di circa 1-2 esemplari per metro.

Il solco, dopo la messa a dimora delle fascine e delle piantine, è riempito con il terreno, eventualmente ammendato, proveniente dagli scavi.

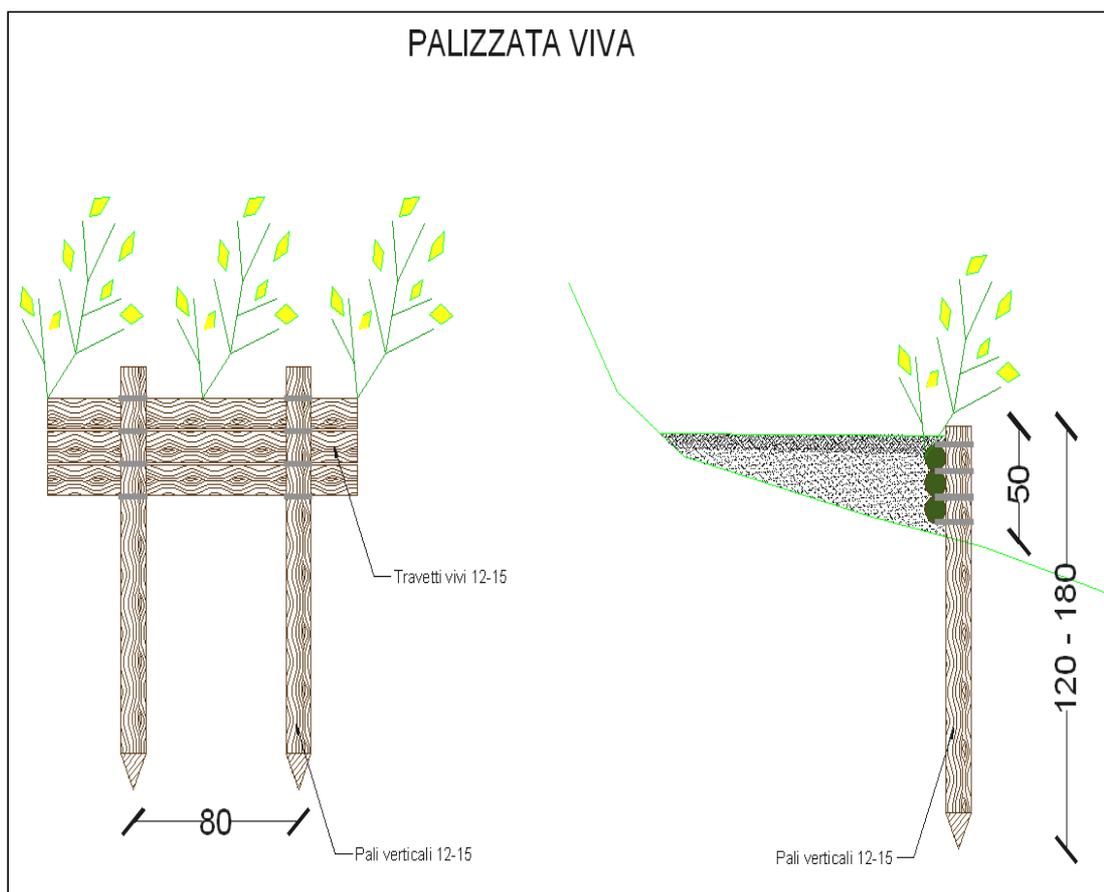
Le fascinate, come tutti gli altri interventi che impiegano materiali vivi, devono essere realizzate solo durante il periodo di riposo vegetativo.



❖ **Palizzate vive** La tecnica della palizzata in legname con talee e/o piantine unisce l'impiego di talee con strutture fisse in legno per la stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali.

Con questo sistema si tende a rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, sostenuti dalle strutture di legno, che corrono lungo le curve di livello del pendio e dove, a monte, si raccoglie del materiale terroso.

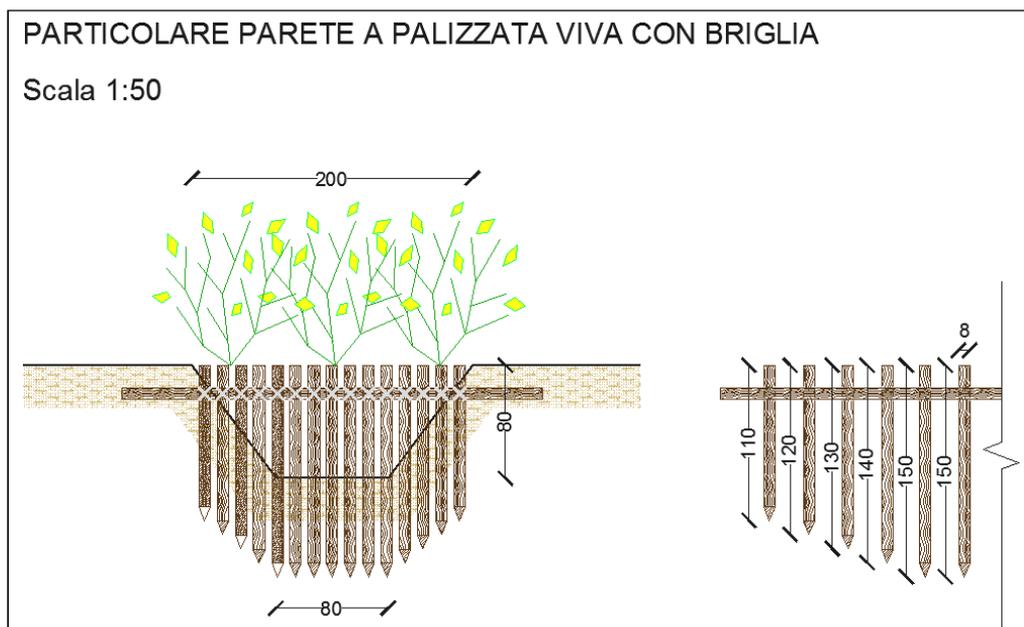
Le piante, una volta che la vegetazione si sarà sviluppata, garantiranno un consolidamento del terreno con l'apparato radicale e una resistenza all'erosione superficiale, con la loro parte epigea.



❖ **Palizzate vive a formare briglie:** E' possibile combinare le palizzate vive con briglie in legname, ottenendo particolari opere idrauliche in grado di garantire la stabilizzazione e la correzione del profilo del fondo (cioè della linea che individua l'andamento altimetrico del fondo) in impluvi, riducendo la pendenza media del corso d'acqua con l'inserimento di salti per rallentare la corrente; la trattenuta di materiale solido o legnoso trasportato dalle acque.

Le briglie vengono predisponendo un cassone di contenimento mediante incastellatura di pali in legno scortecciato, idoneo e durabile di latifoglia; hanno in genere una tipica sagoma a trapezio rovesciato, con la parte centrale ribassata rispetto alle parti laterali, per convogliare il deflussodelle acque da monte a valle del salto.

Presentano buona adattabilità agli assestamenti dovuti a movimenti delle sponde e possono essere messe in opera anche in luoghi di difficile accesso.

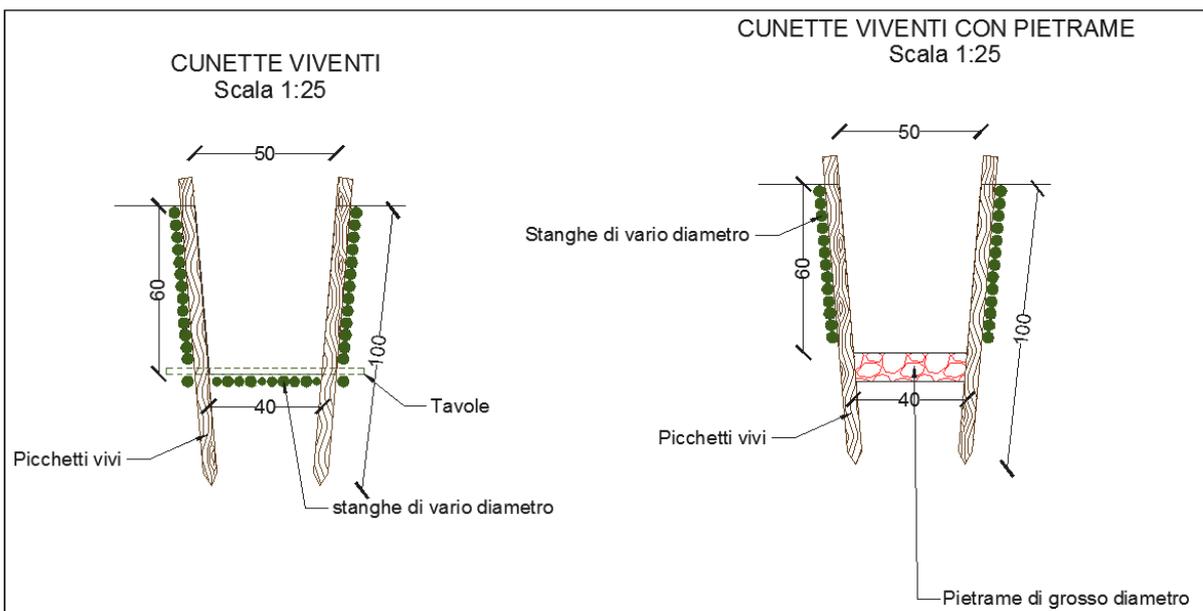


❖ **Cunetta vivente** Le cunette sono di norma pensate in terra. E' però importante sottolineare che nei tratti di maggiore pendenza l'acqua può destabilizzare la cunetta e con essa la strada. Pertanto si suggerisce l'adozione di cosiddette cunette viventi, maggiormente resistenti all'azione erosiva dell'acqua.

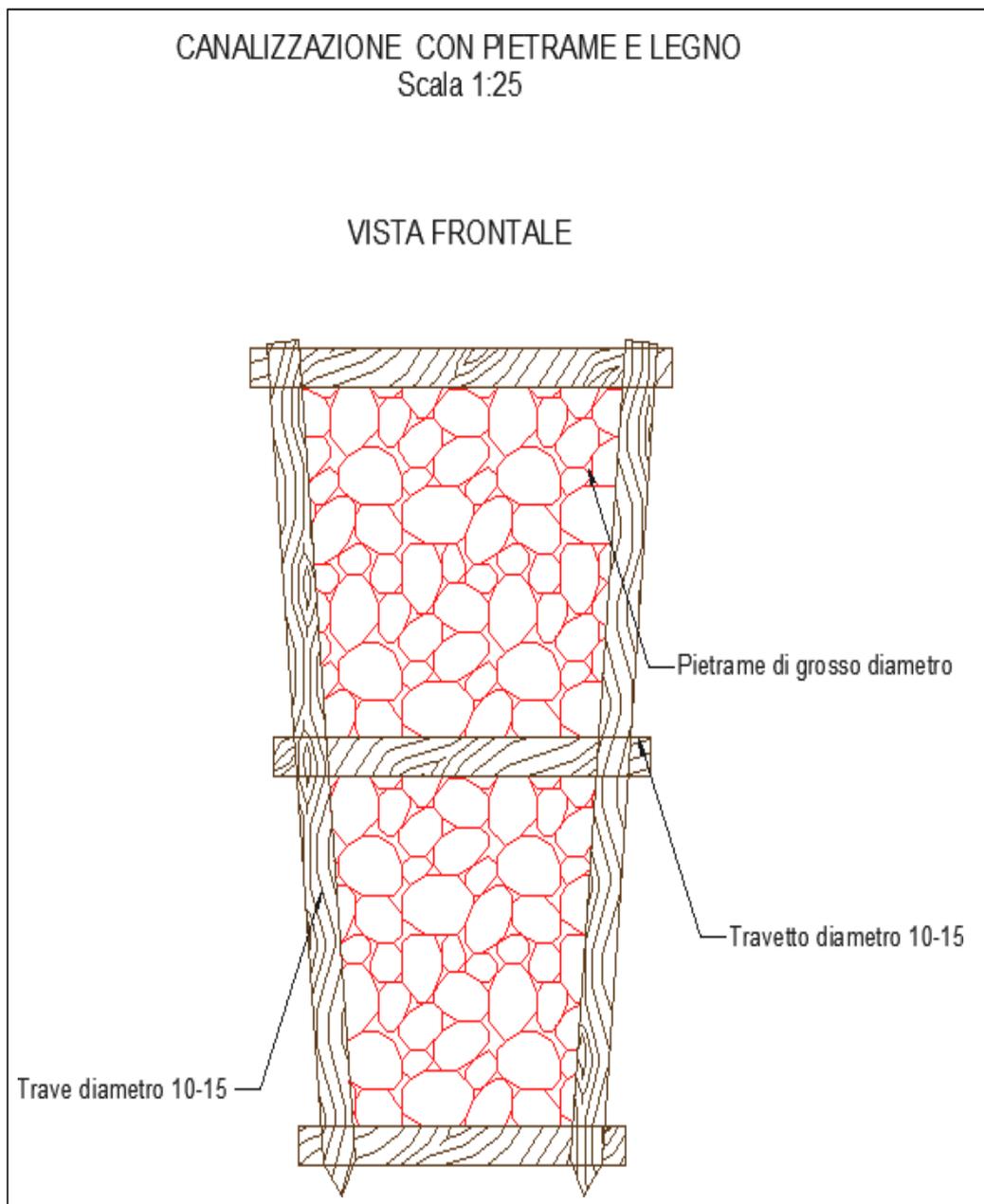
Sarà la fase cantieristica ed anche osservazionale ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette "vive" al posto delle cunette in terra.

Esecuzione del lavoro: in un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti del fosso, 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 m 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.



- ❖ **Canalizzazioni in pietrame e legno.** Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezia avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.



Qualora in fase di progettazione esecutiva gli studi geologici evidenziassero la necessità di accompagnare le suddette opere con interventi di consolidamento nelle carte geomorfologiche di dettaglio allegate precedentemente, sono state ubicate delle paratie di pali che ad oggi sono da considerare esclusivamente opzionali.

Le opere di ingegneria naturalistica, ubicate nelle suddette carte di dettaglio, sono state pensate sempre all'interno delle particelle catastali interessate dal progetto senza che quindi ci sia la necessità futura di modificare il Piano particellare.

## **5. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)**

Si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR (tomografia) allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) dei terreni presenti, in corrispondenza delle opere progettate.

In particolare sono state eseguite n. 8 misure di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

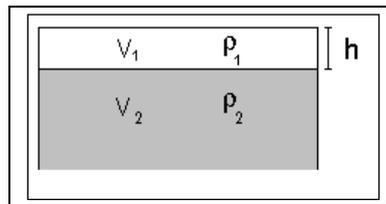
I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Tra questi la tecnica che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Successivamente Nakamura (1989) ha applicato tale metodo come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando lo schema illustrato nella figura sotto riportata si osserva che sono presenti due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ).



*Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.*

In questo caso un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dalla superficie di strato.

L'onda riflessa interferendo con quelle incidenti si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = V_{S1}/(4 H). \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali

e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- ❖ il contenuto in frequenza;
- ❖ la risposta strumentale;
- ❖ l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S, ed in misura maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato "Tromino", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR che sono state ottenute col software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:

- ✓ larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
  - ✓ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 15% della frequenza centrale,
  - ✓ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;
  - ✓ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula sotto riportata, in cui:

- ✓  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato;
- ✓ ad un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.);
- ✓  $\nu$  la frequenza fondamentale di risonanza.

$$H = \left[ \frac{V_0(1-\alpha)}{4V_1} + 1 \right]^{1/(1-\alpha)} - 1$$

Le ubicazioni dei sondaggi che sono stati eseguiti sono visibili nelle planimetrie allegate mentre di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

I dati sperimentali ricavate dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove  $T_H$  è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e  $f_r$  è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità  $h$  dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{h}{T_H}$$

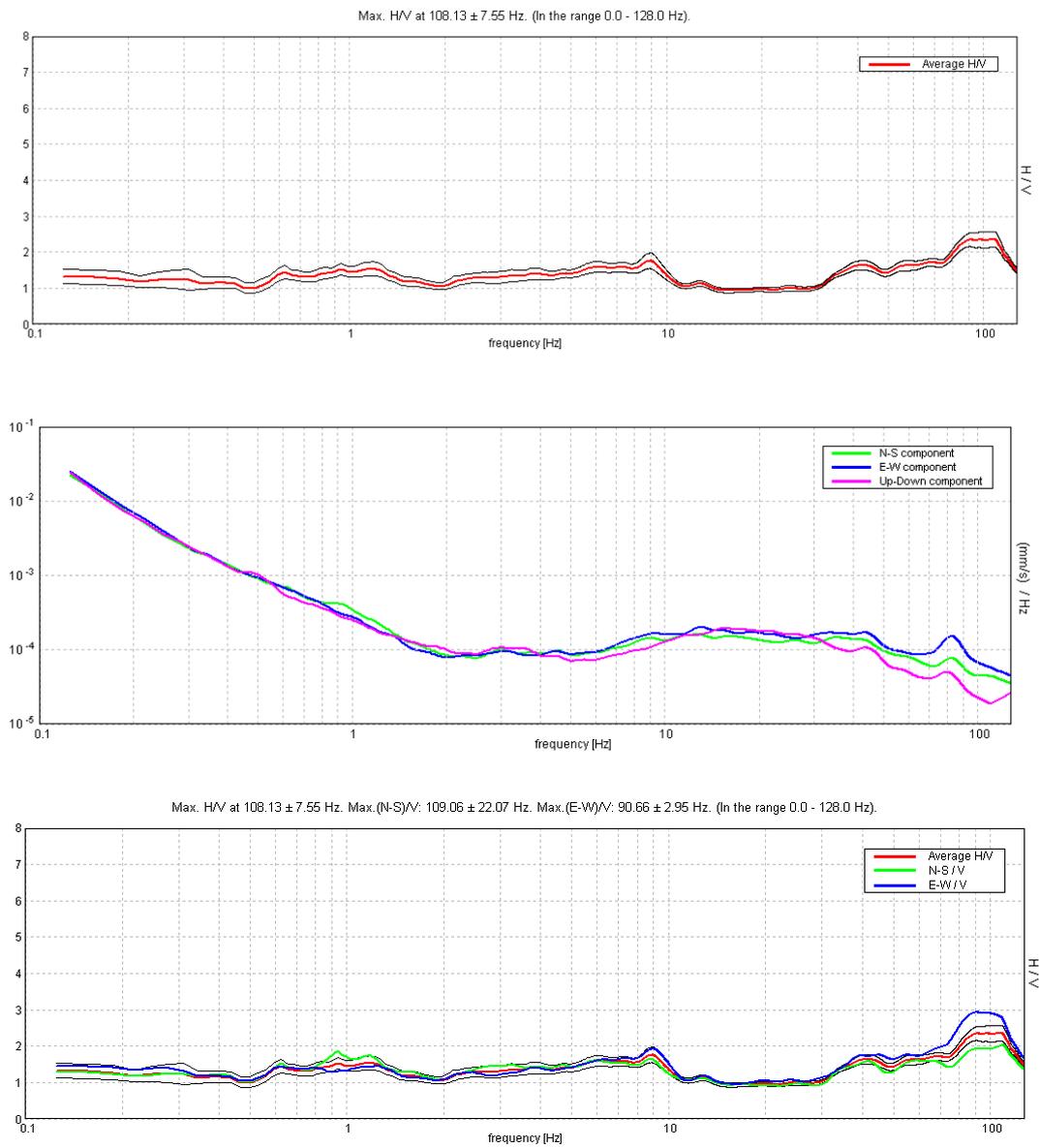
e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

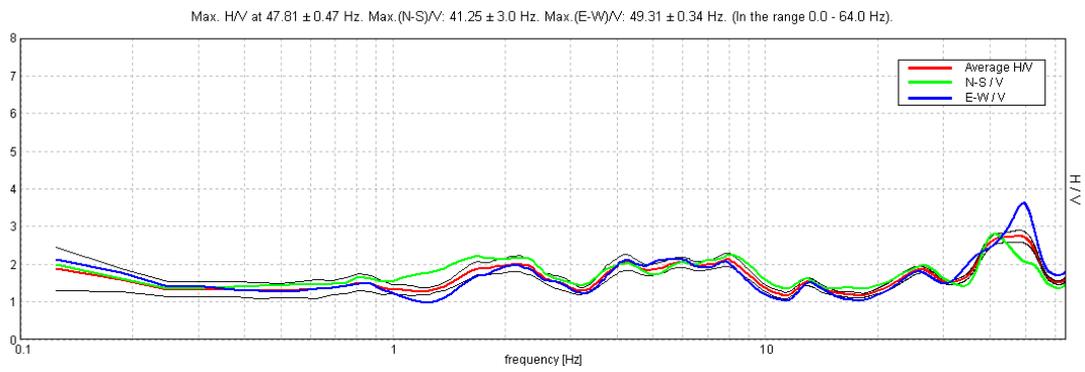
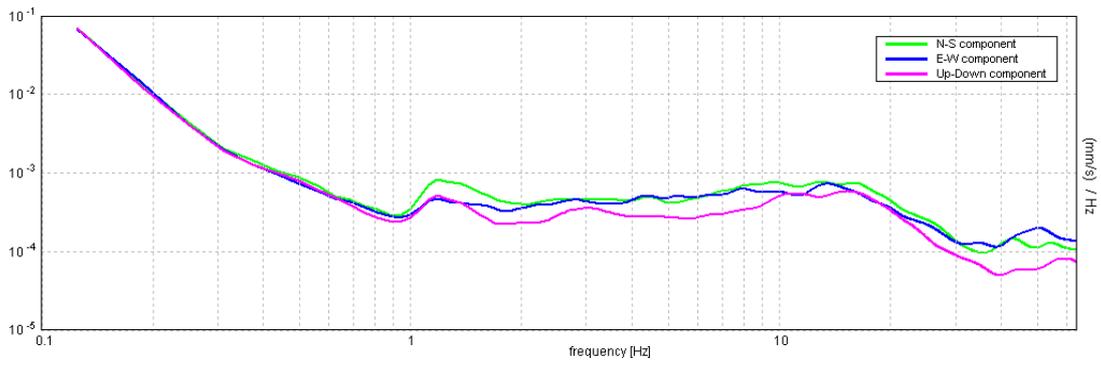
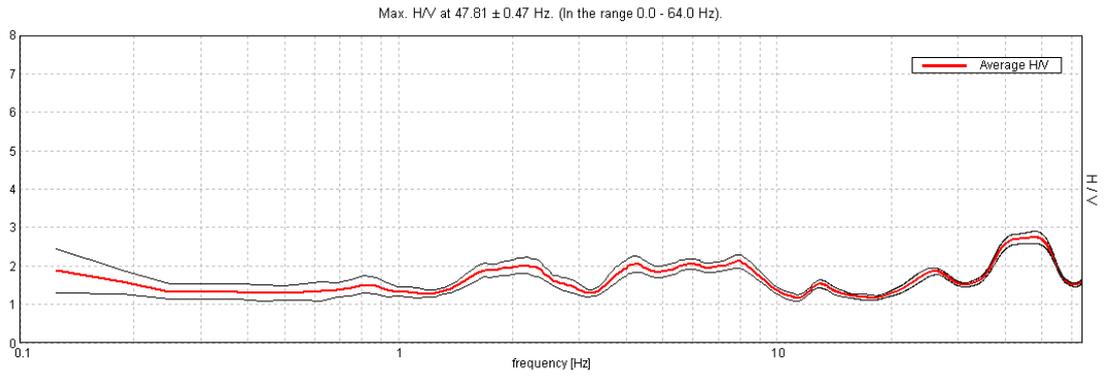
da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

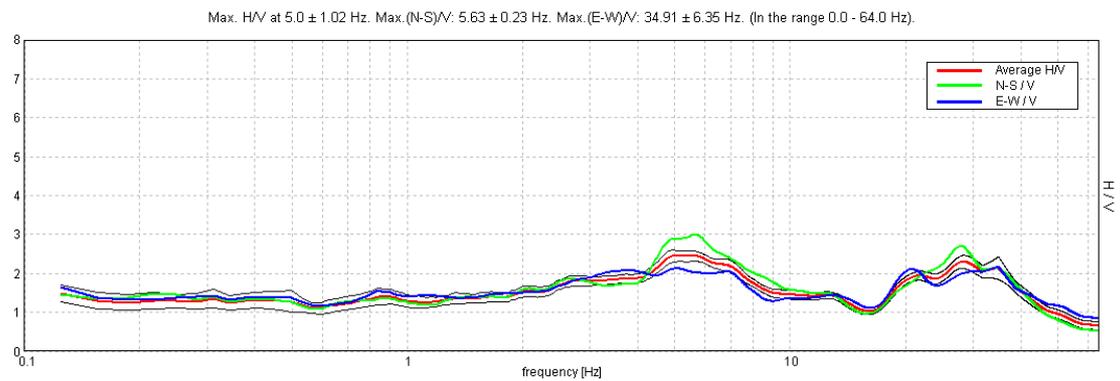
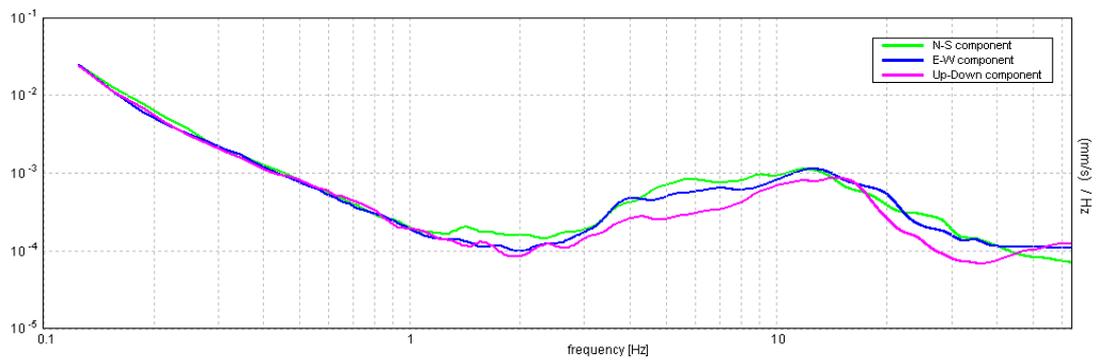
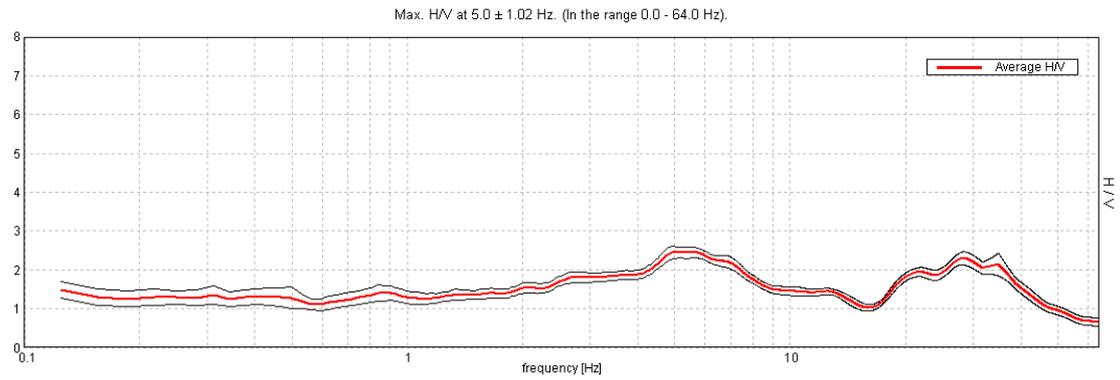
In allegato sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.



Sondaggio tomografico T1

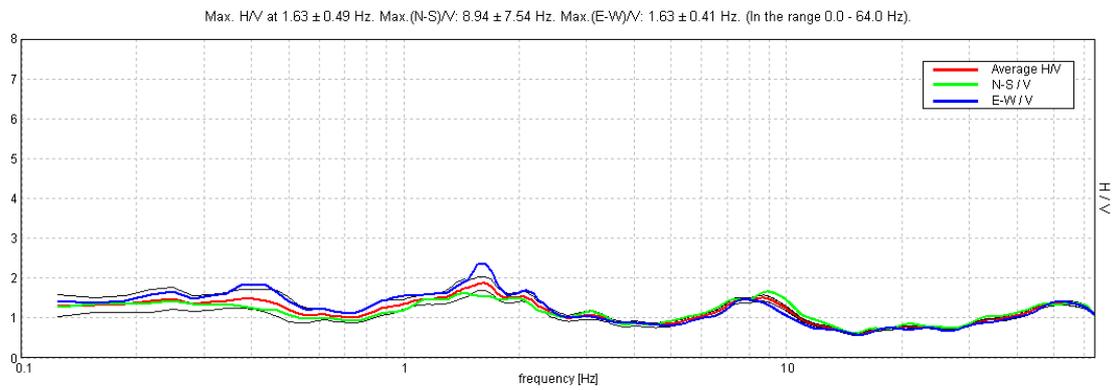
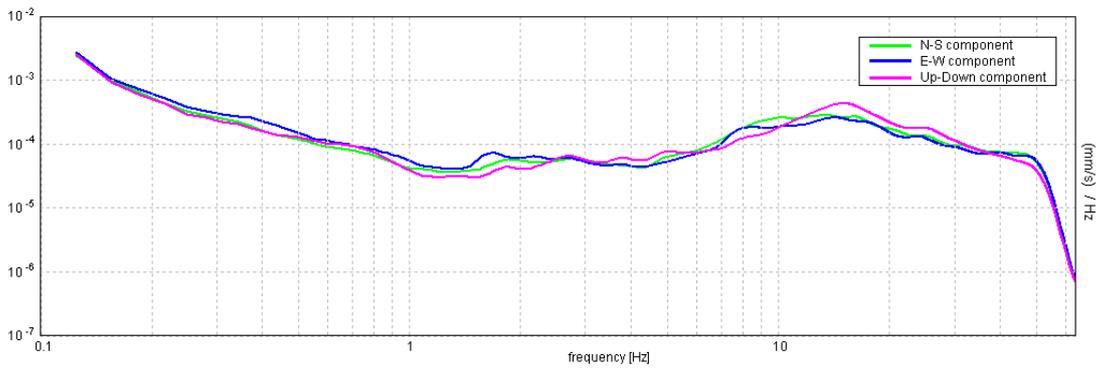
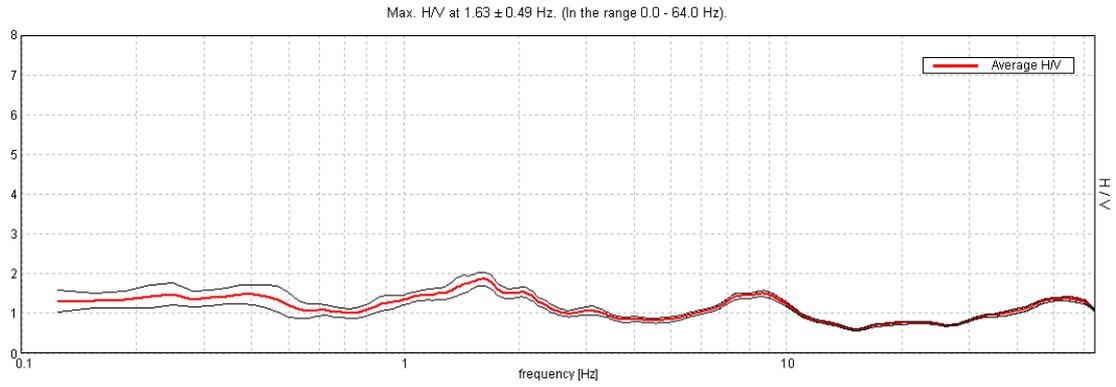


Sondaggio tromografico T2



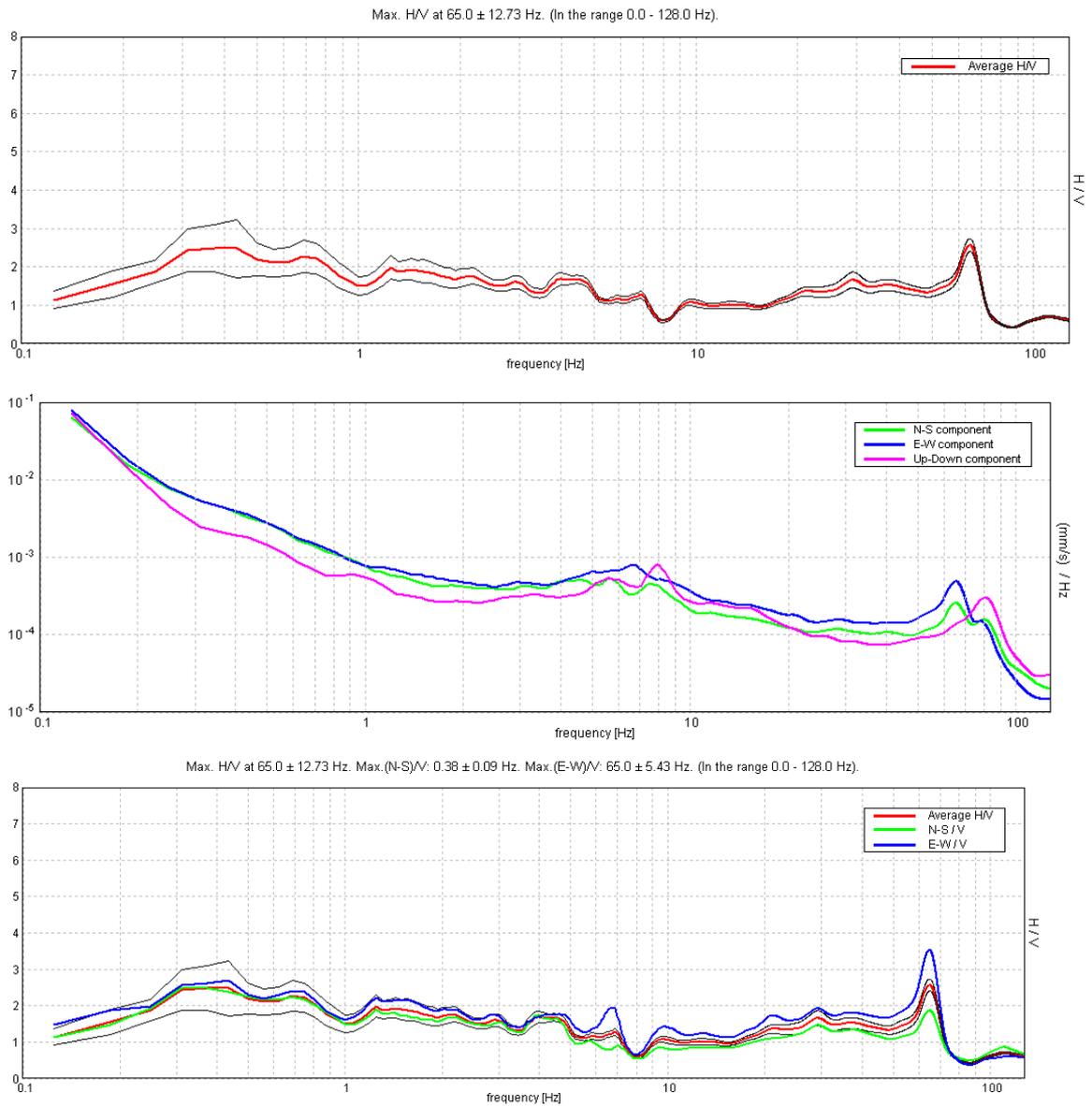
Sondaggio tromografico T3

*VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.*  
*Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato*  
*Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)*

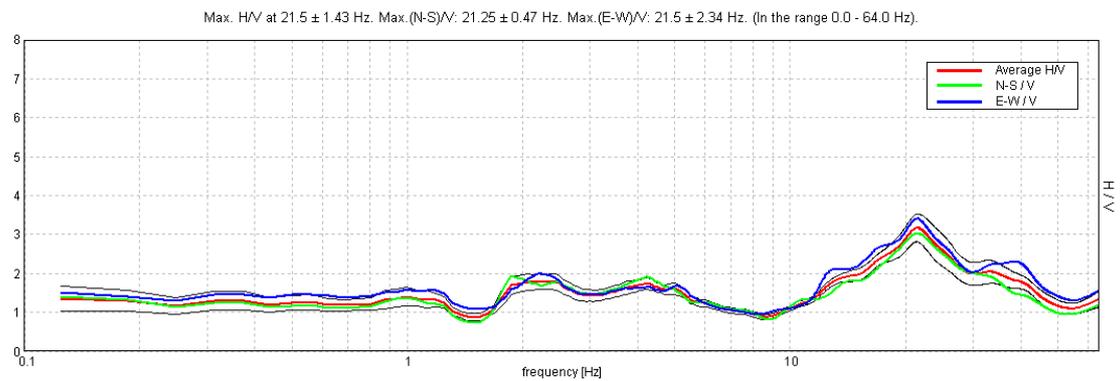
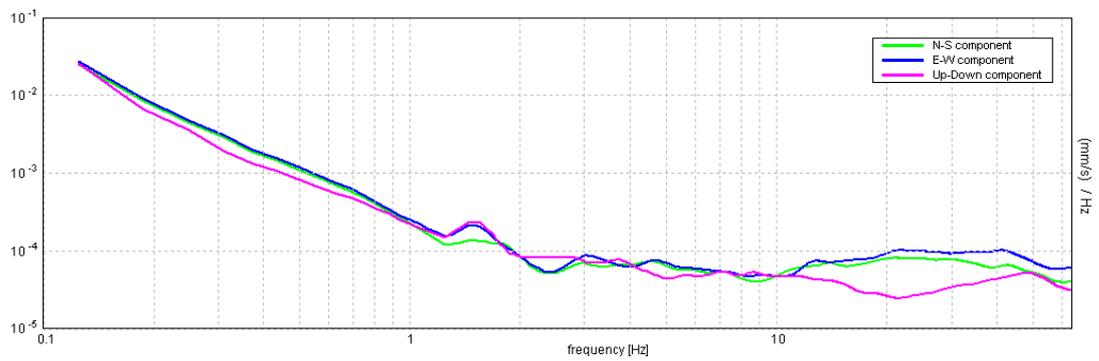
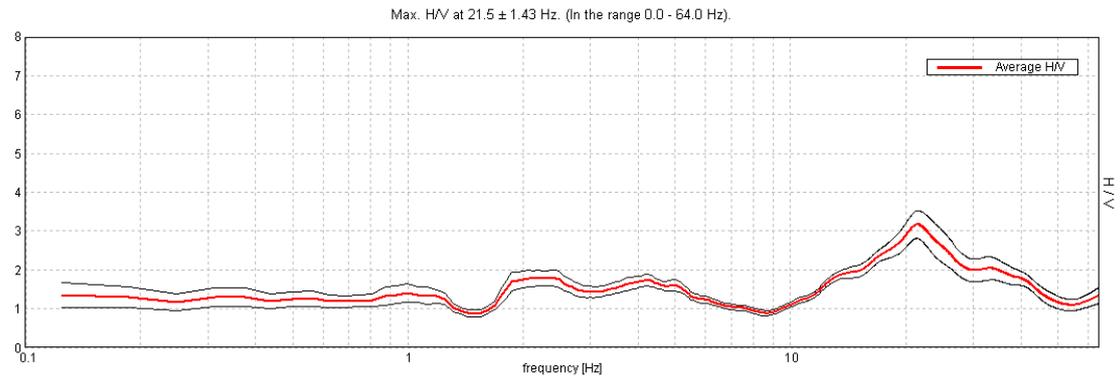


*Sondaggio tromografico T4*

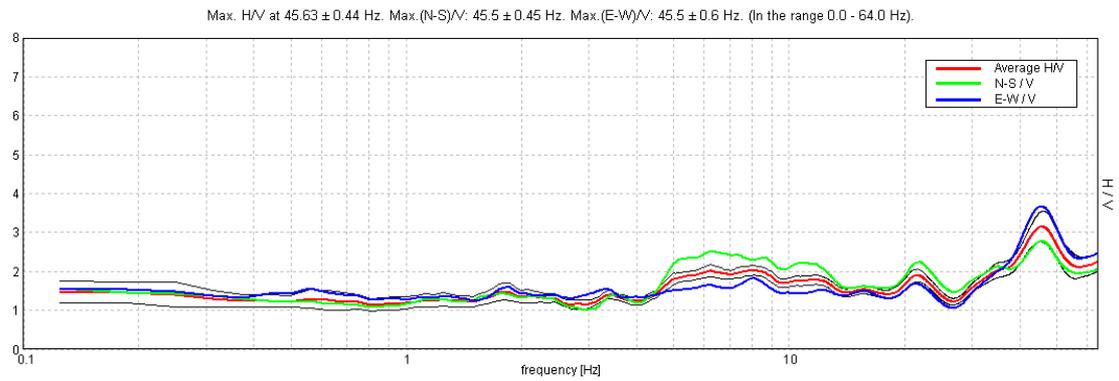
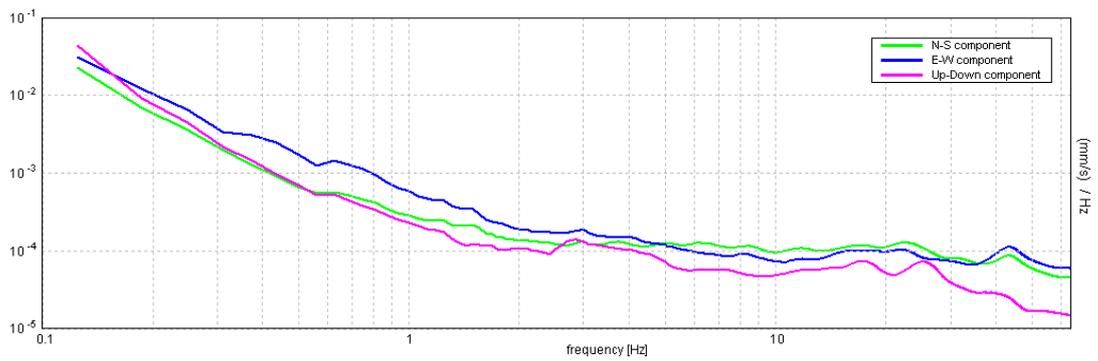
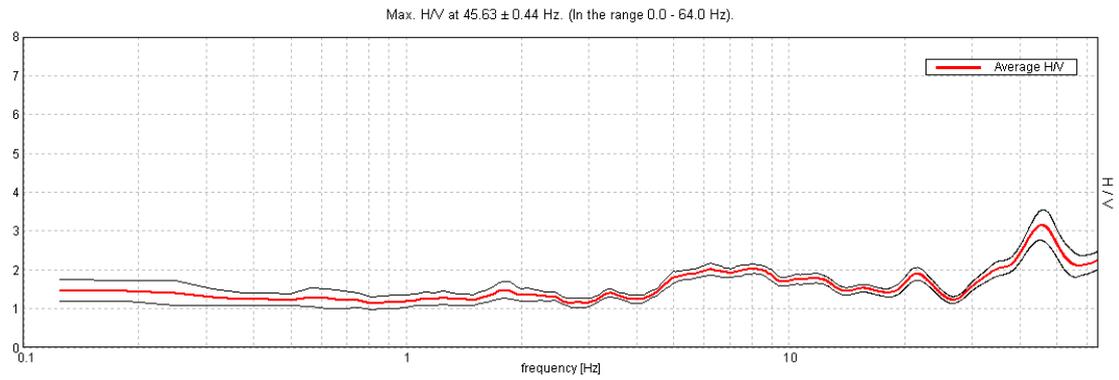
*VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.*  
*Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato*  
*Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)*



*Sondaggio tromografico T5*

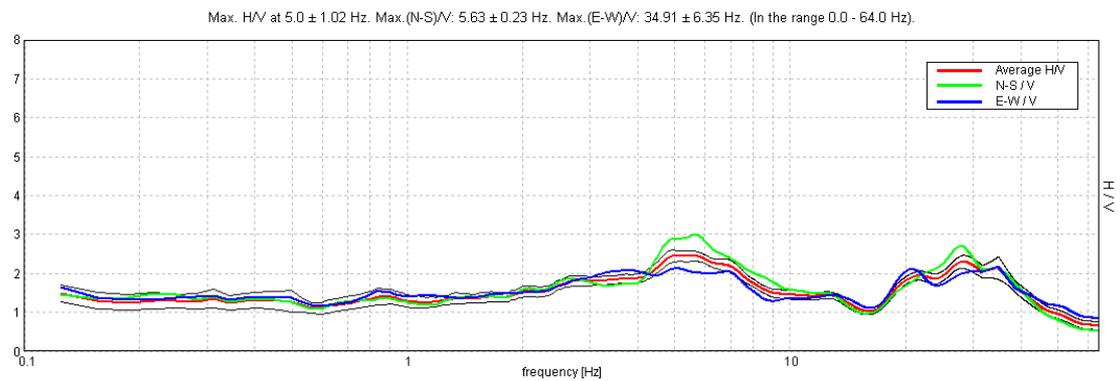
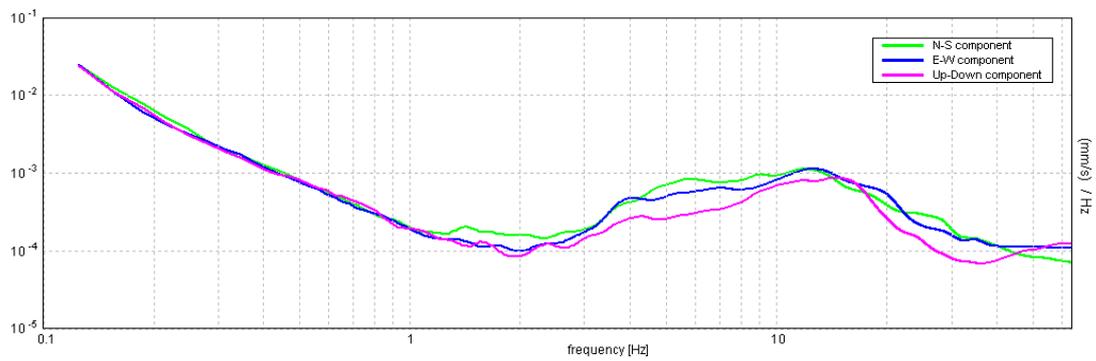
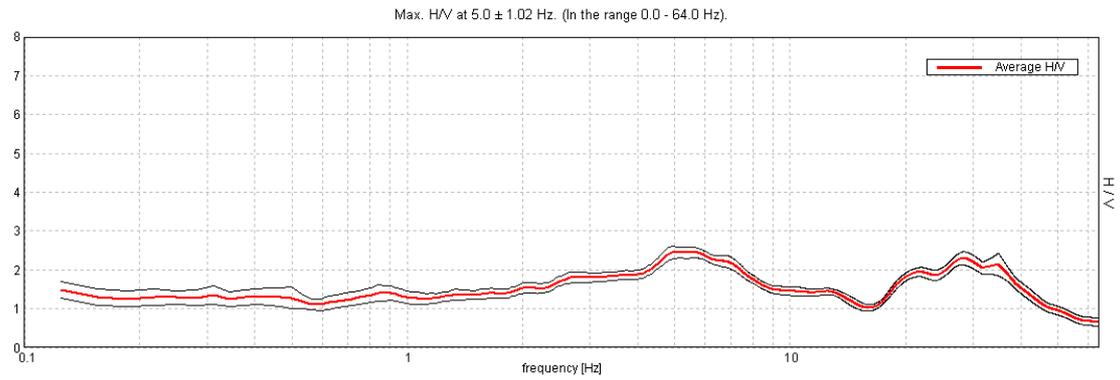


Sondaggio tromografico T6

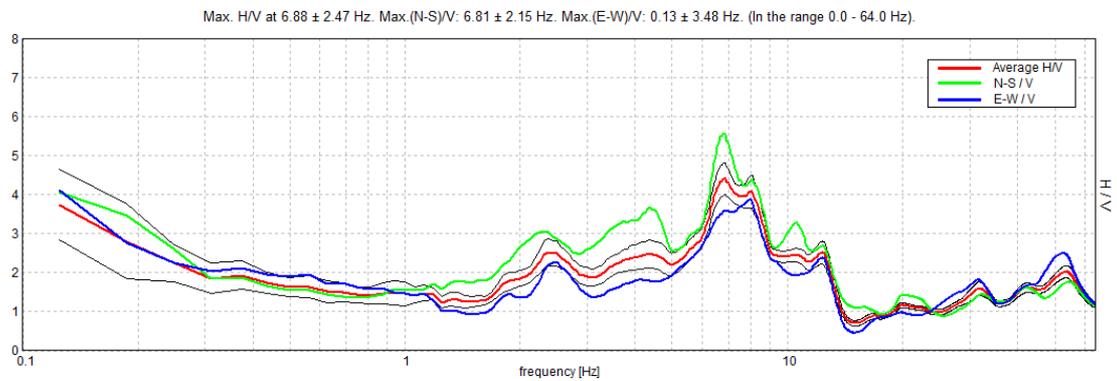
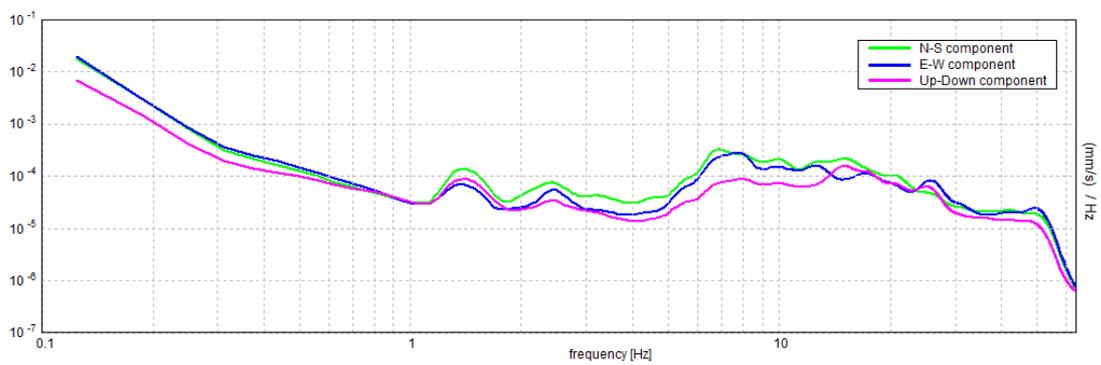
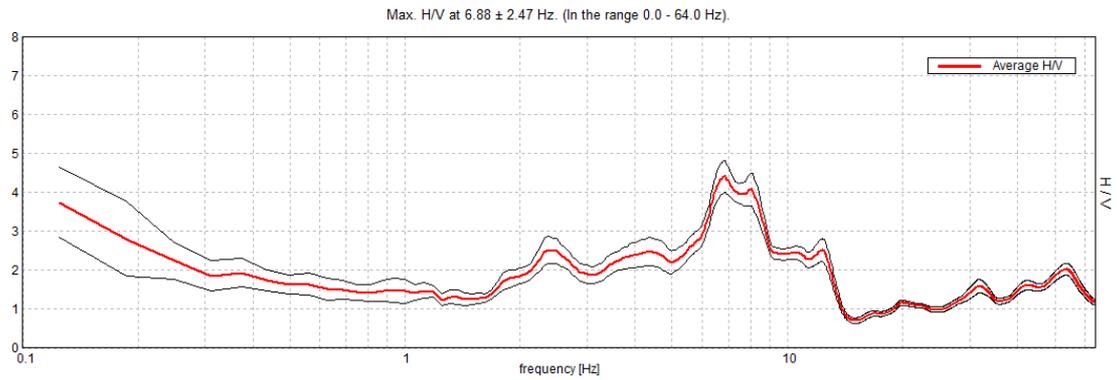


Sondaggio tromografico T7

*VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.*  
*Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato*  
*Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)*

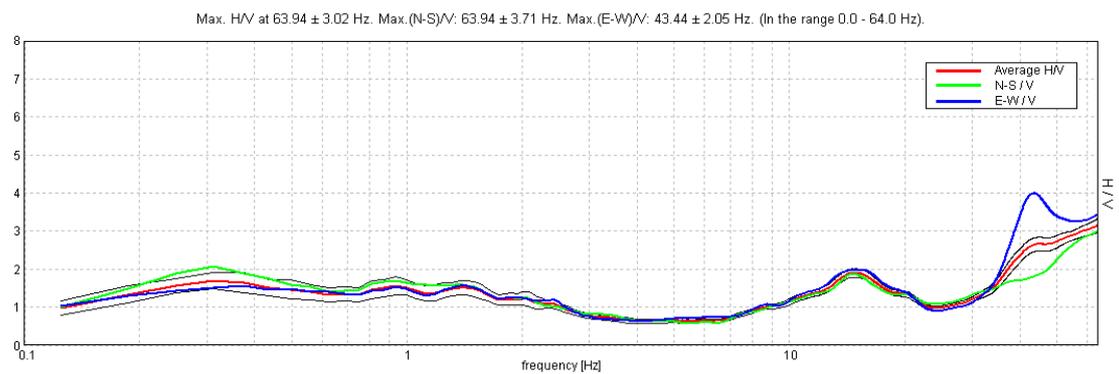
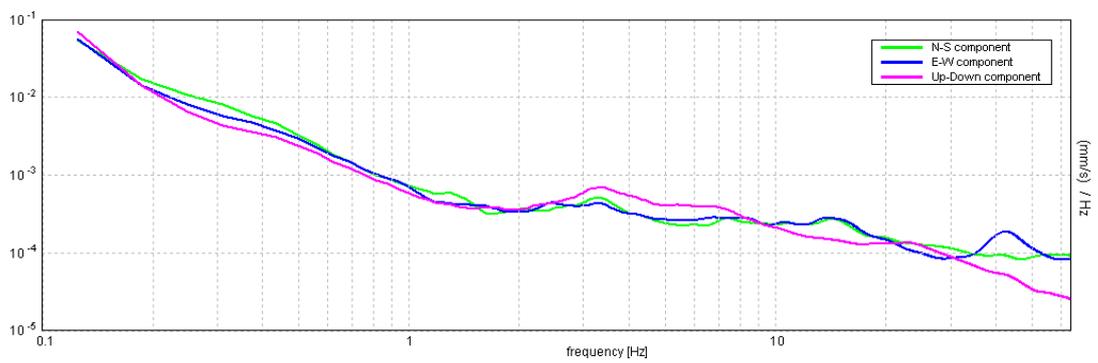
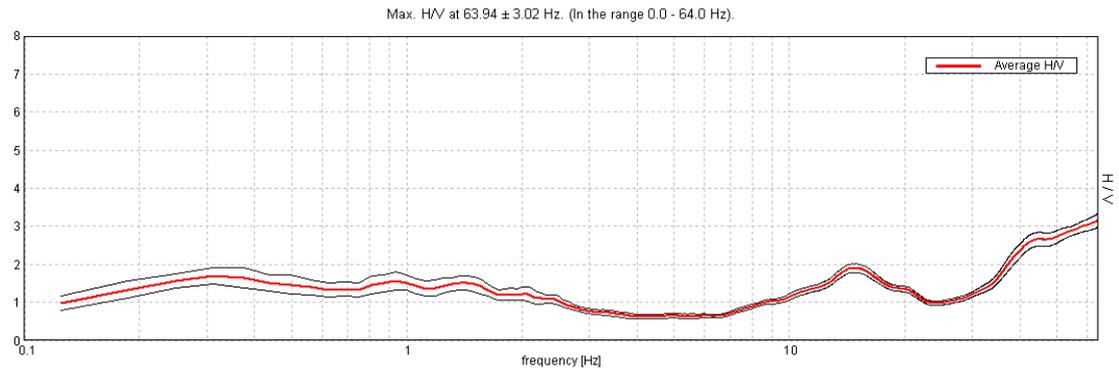


*Sondaggio tromografico T8*



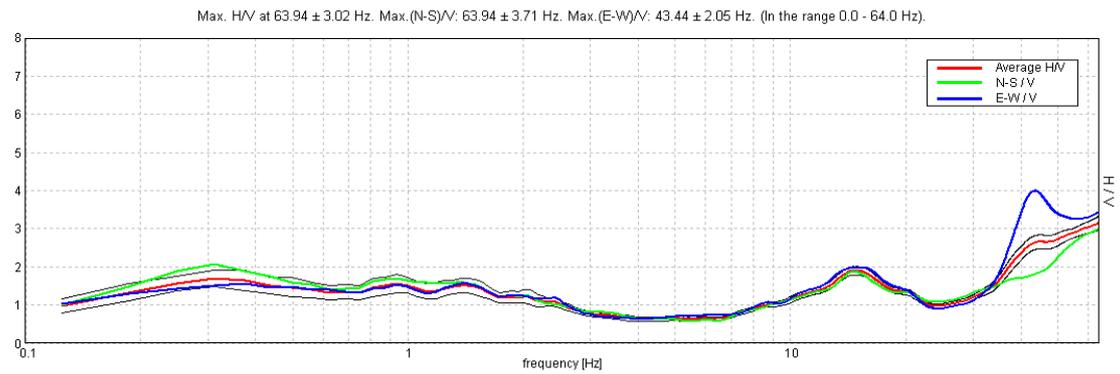
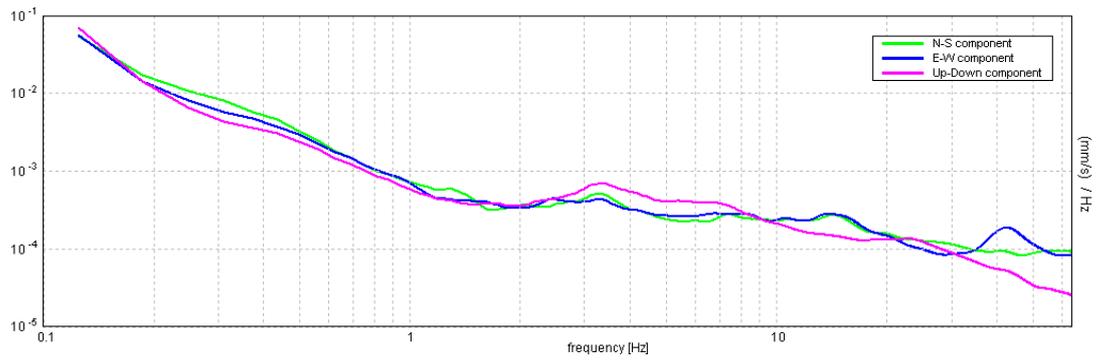
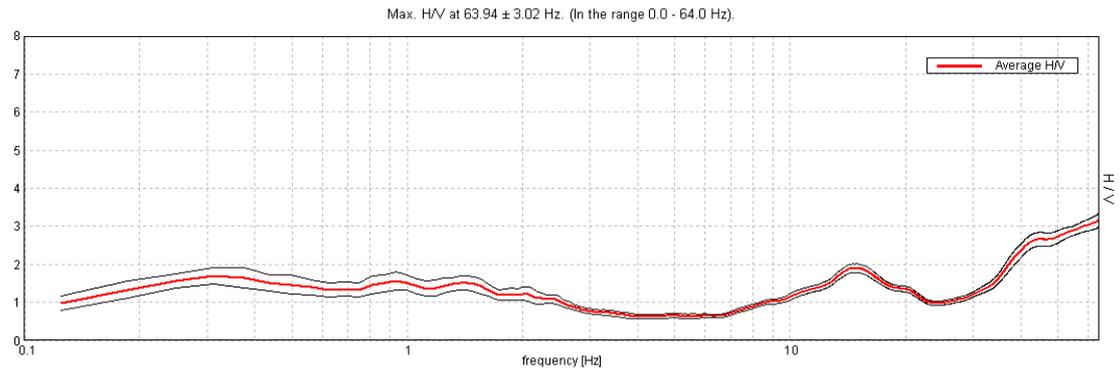
Sondaggio tromografico T9

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.  
Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato  
Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)

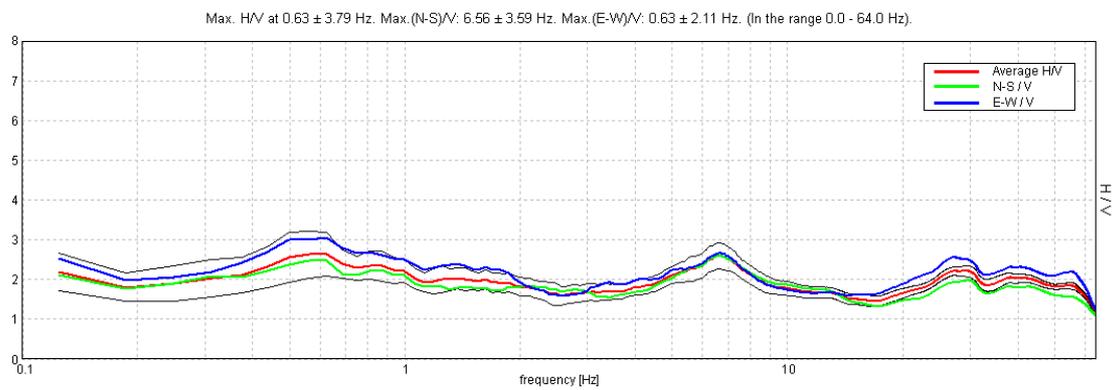
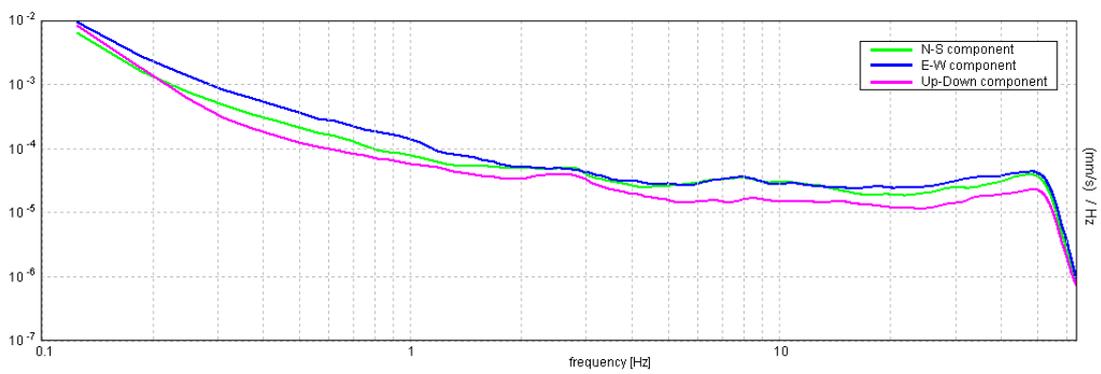
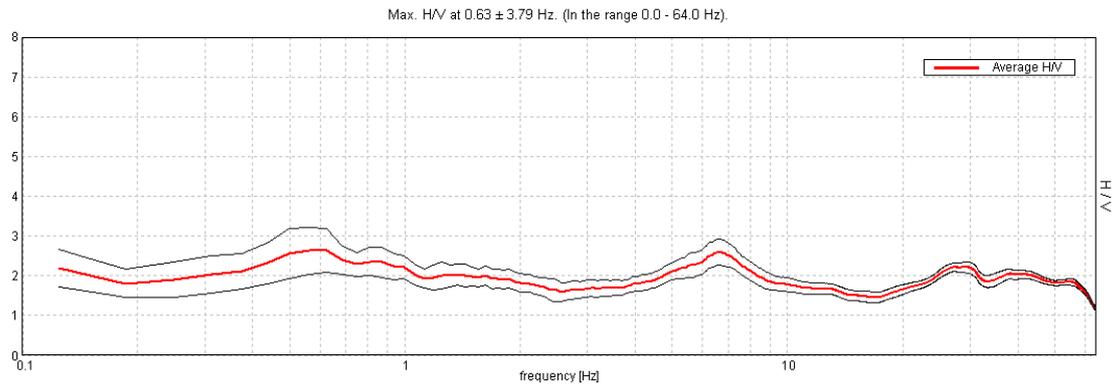


Sondaggio tromografico T10

*VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.*  
*Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato*  
*Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)*

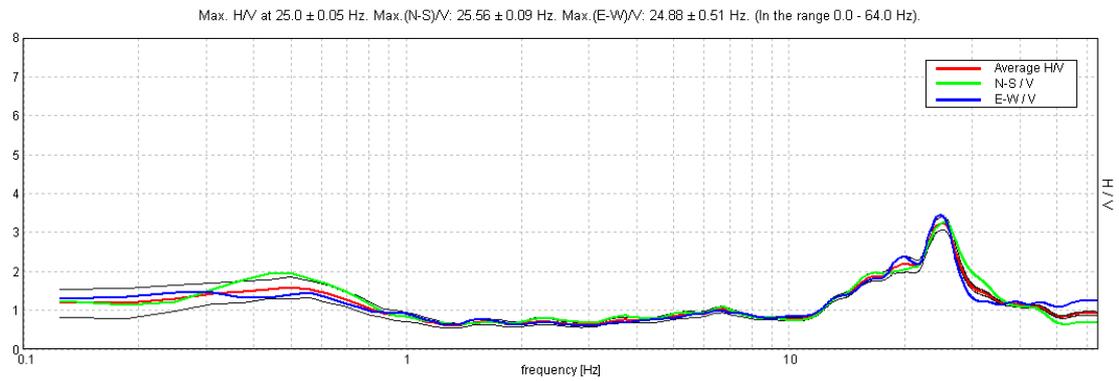
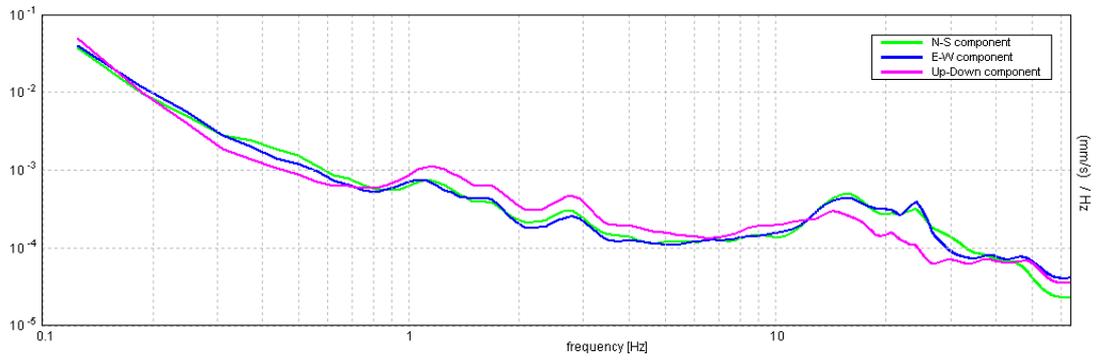
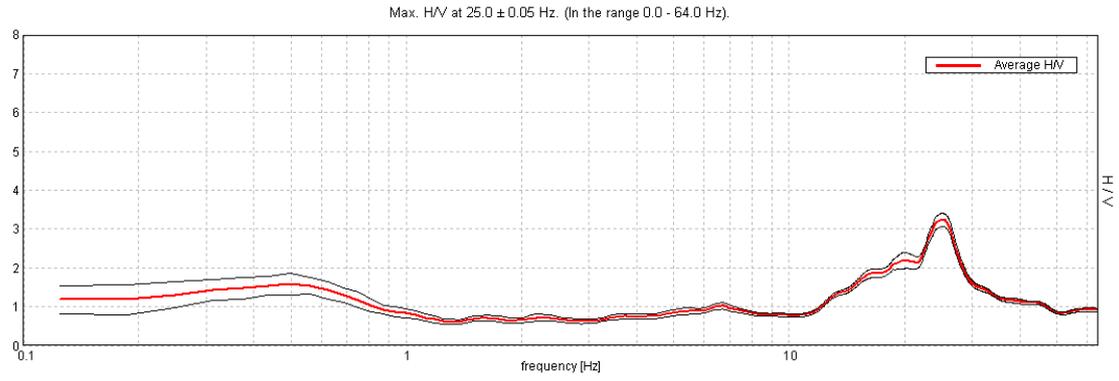


*Sondaggio tomografico T11*



Sondaggio tromografico T12

*VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.*  
*Relazione Geologica – Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato*  
*Canicheddeusi, sito nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina (TP)*



*Sondaggio tomografico T13*

I dati sperimentali ricavate dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio Vs.

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove  $T_H$  è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e  $f_r$  è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

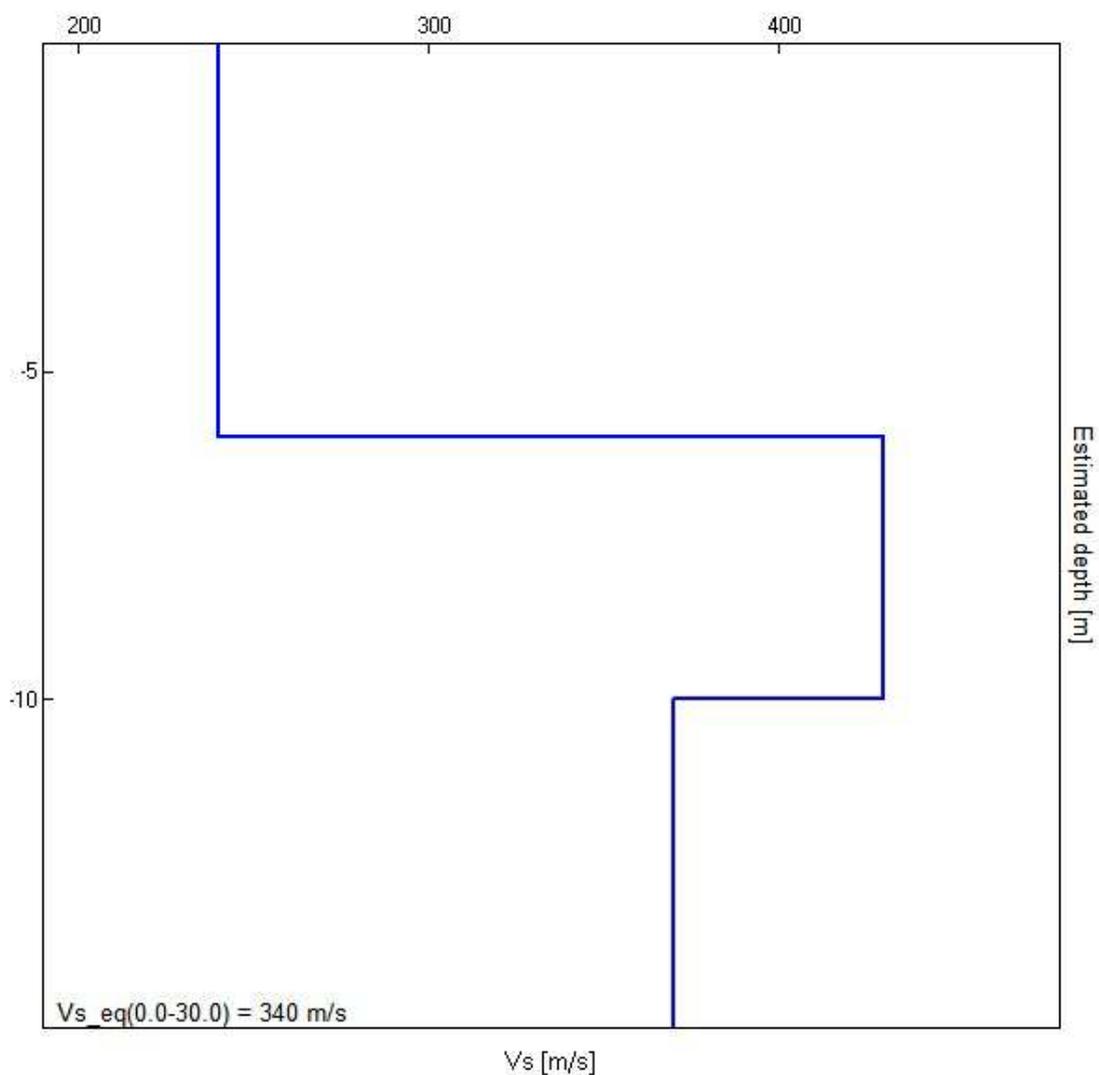
$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

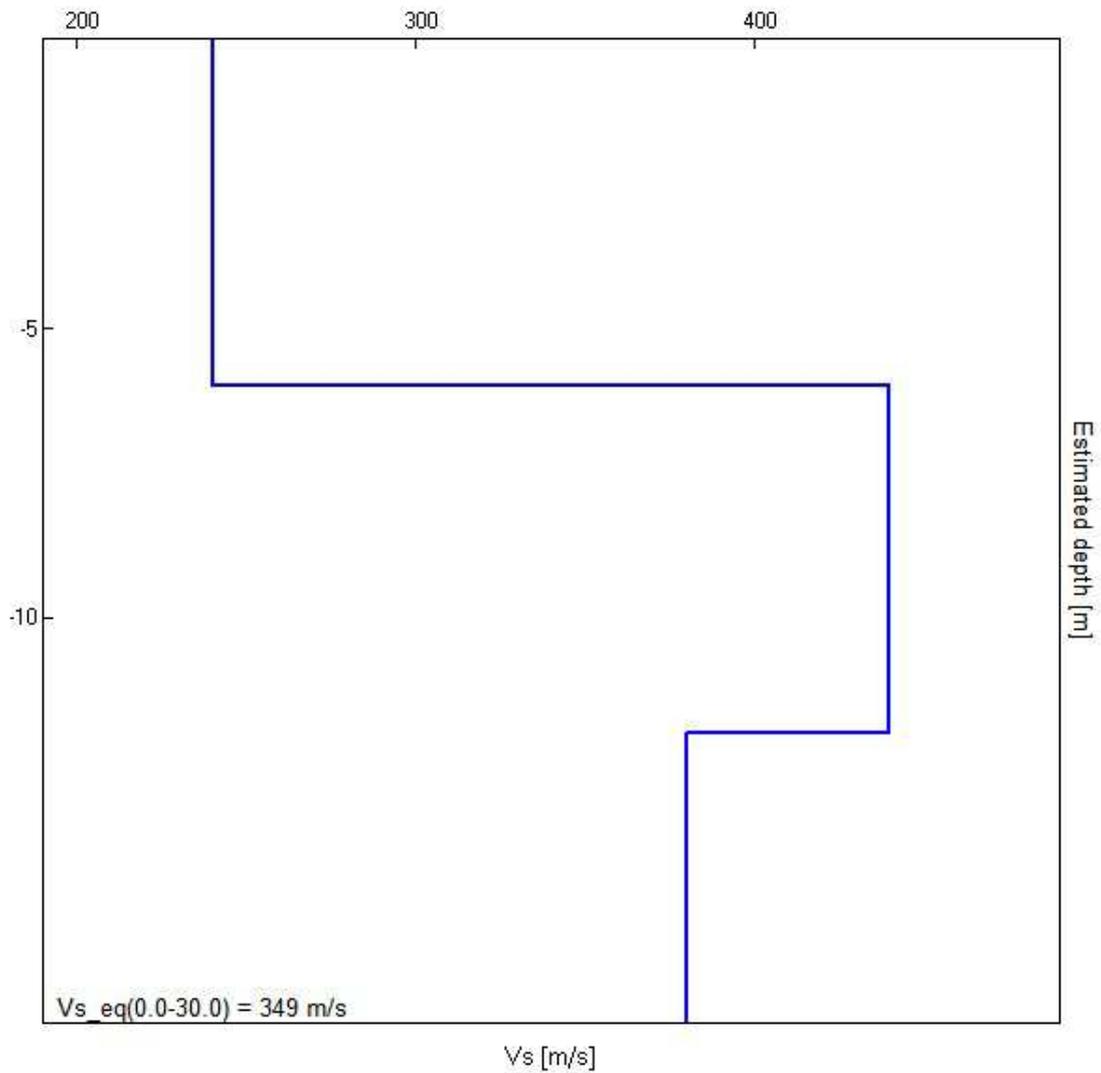
In allegato sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

<i>Profondità (m)</i>	<i>Vs (m/s)</i>	<i>Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018</i>	
0.00 – 6.00	240	C	<b>C</b> (Vs,eq = 340 m/s)
6.00 – 10.00	430	B	
10.00 – 30.00	370	B	



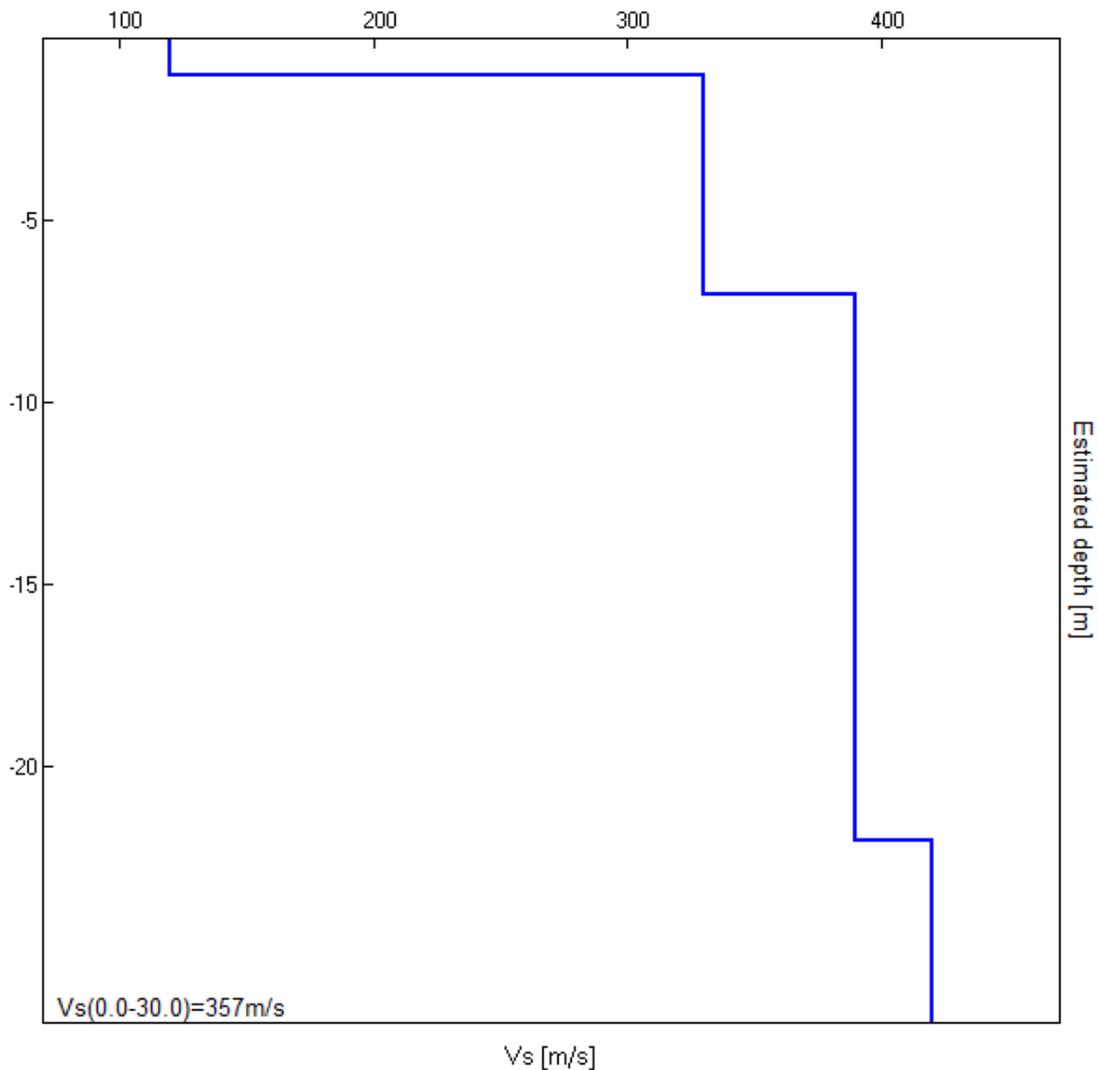
*Interpretazione sondaggio tomografico T1*

<b>Profondità (m)</b>	<b>Vs (m/s)</b>	<b>Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018</b>	
0.00 – 6.00	240	C	<b>C</b> (Vs,eq = 349 m/s)
6.00 – 12.00	440	B	
12.00 – 30.00	380	B	



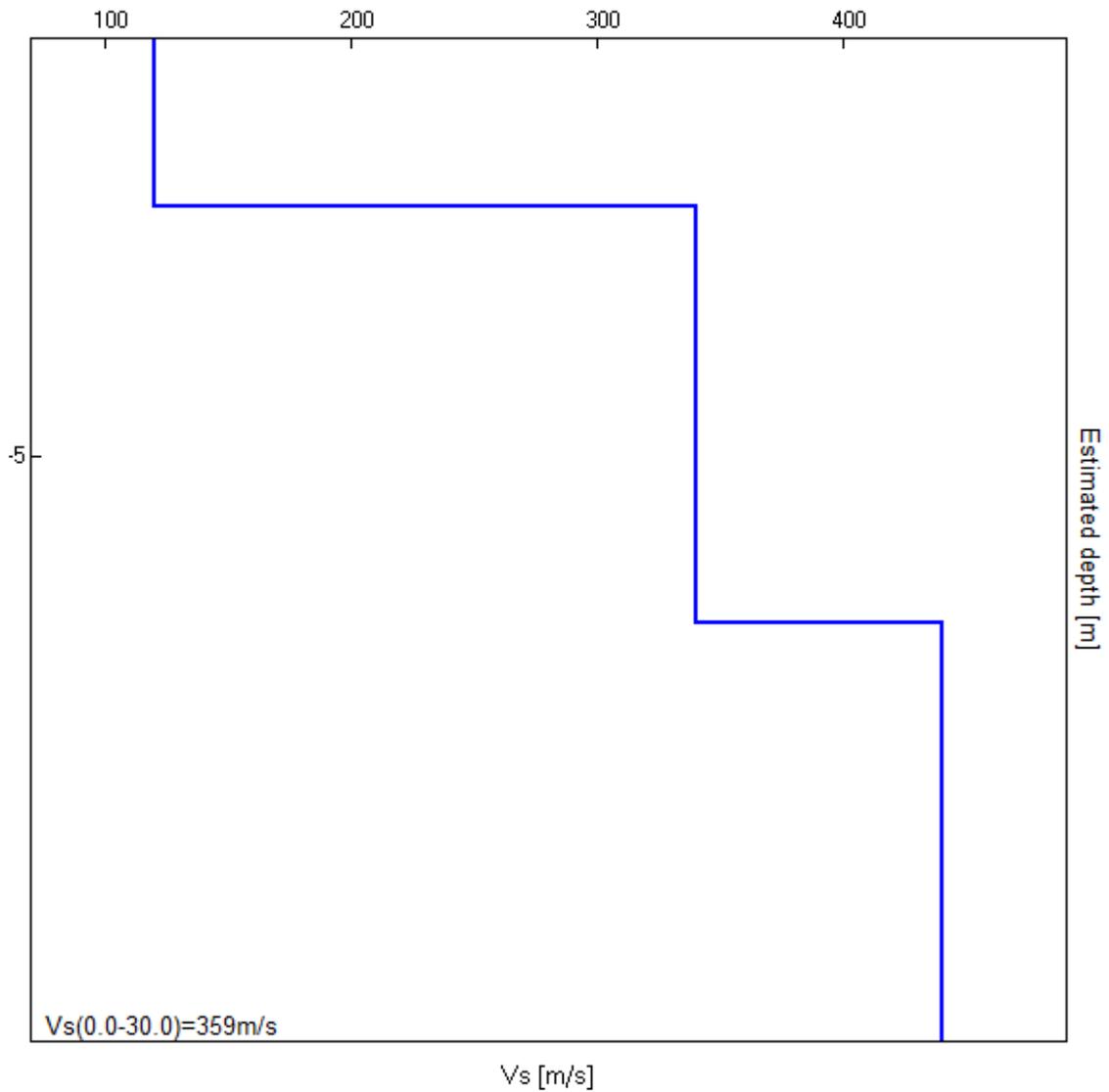
*Interpretazione sondaggio tomografico T2*

<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s)</b>	<b>Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018</b>	
0.00-1.00	120	D	<b>C</b> ( $V_{s,eq}=357$ m/s)
1.00 - 7.00	330	B	
17.00 - 22.00	390	C	
33.00 - 30.00	420	B	



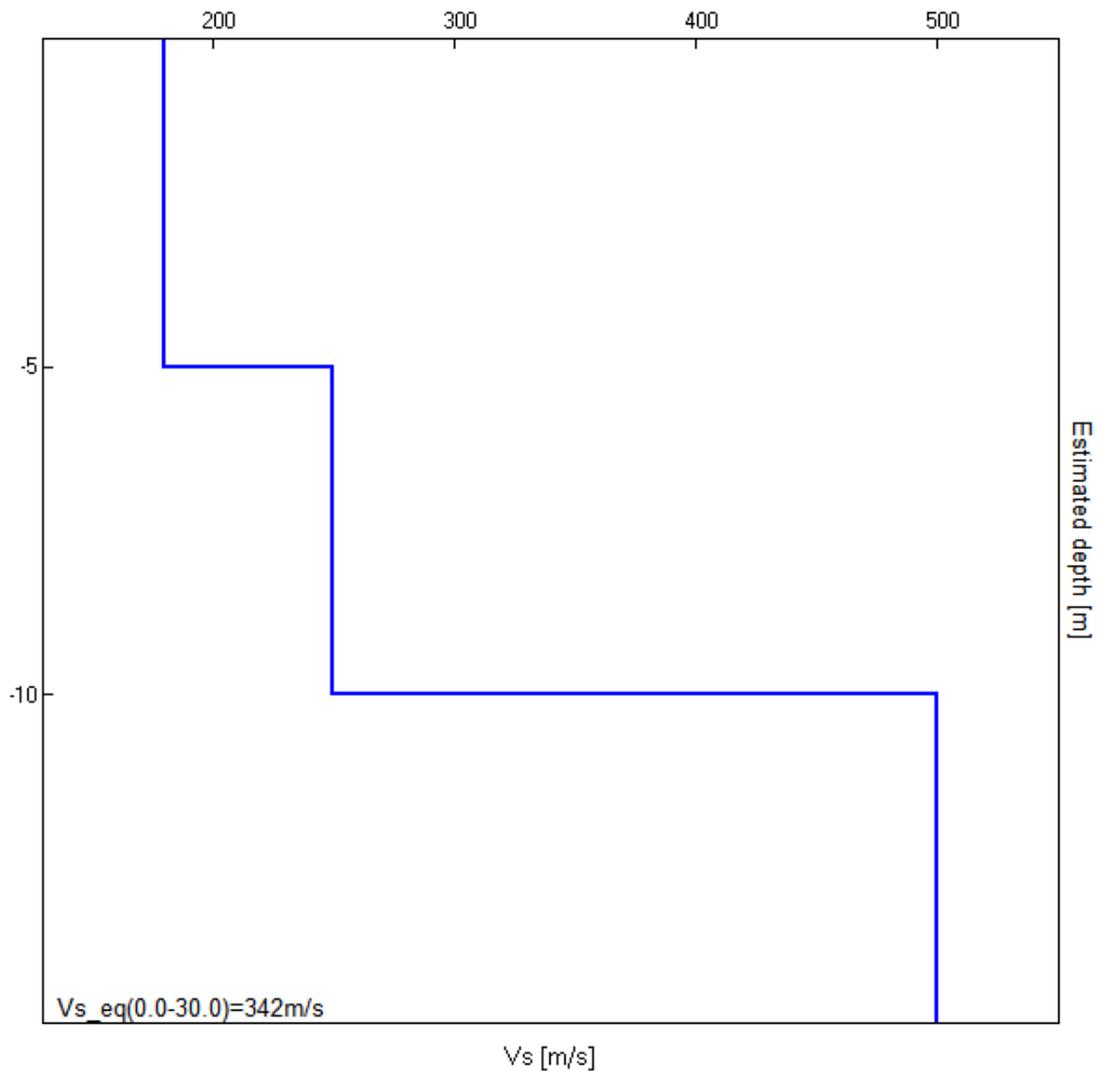
- Interpretazione sondaggio tomografico T3

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 14/01/2008	
0.00-2.00	120	D	<b>C</b> (Vs,eq =359 m/s)
2.00-7.00	340	C	
7.00-30.00	440	B	



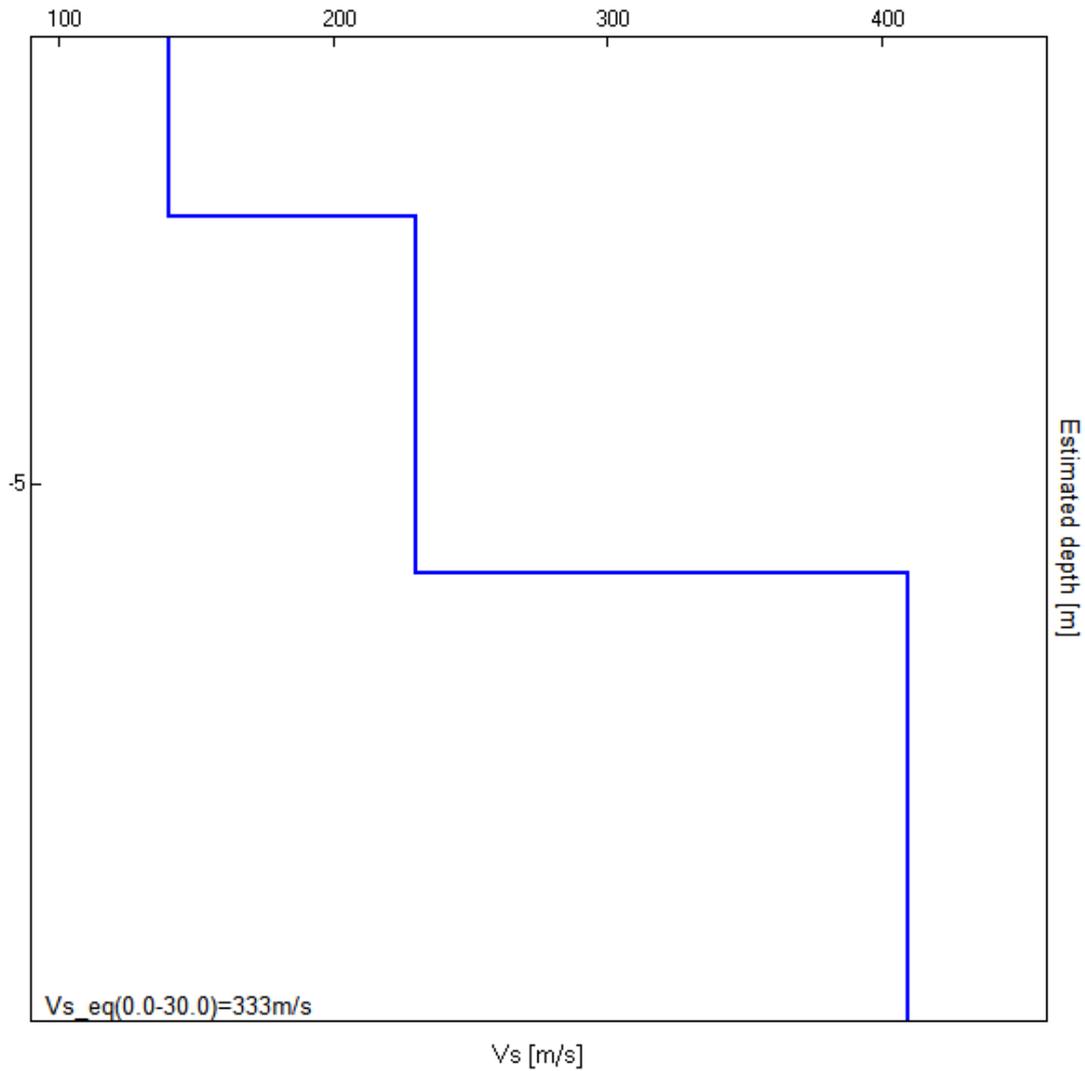
*Interpretazione sondaggio tomografico T4*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 5.00	180	C	<b>C</b> (Vs,eq=342 m/s)
5.00 – 10.00	250	C	
10.00 – 30.00	500	B	



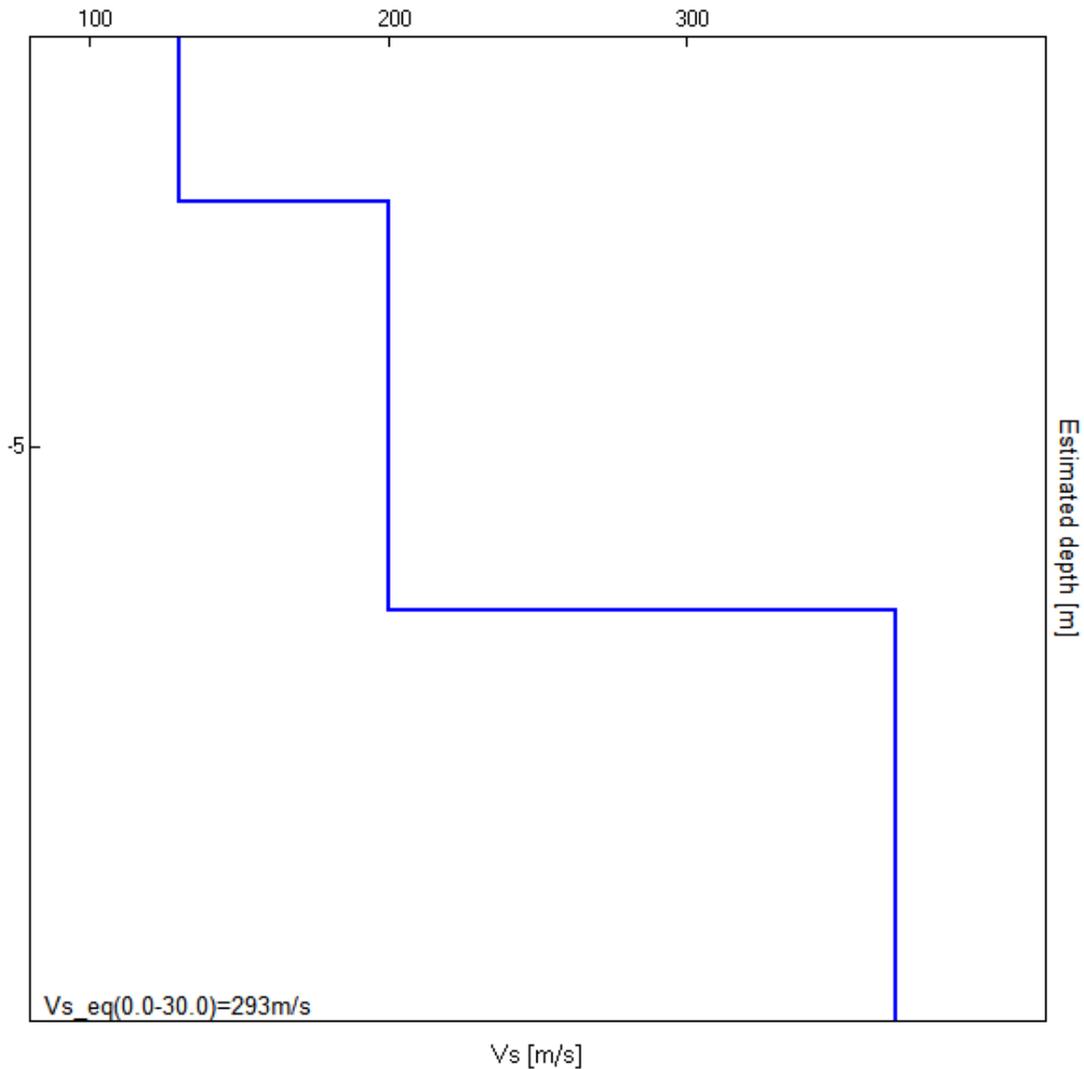
*Interpretazione sondaggio tomografico T5*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 2.00	140	C	<b>C</b> (Vs,eq=333 m/s)
2.00 – 6.00	230	C	
6.00 – 30.00	410	B	



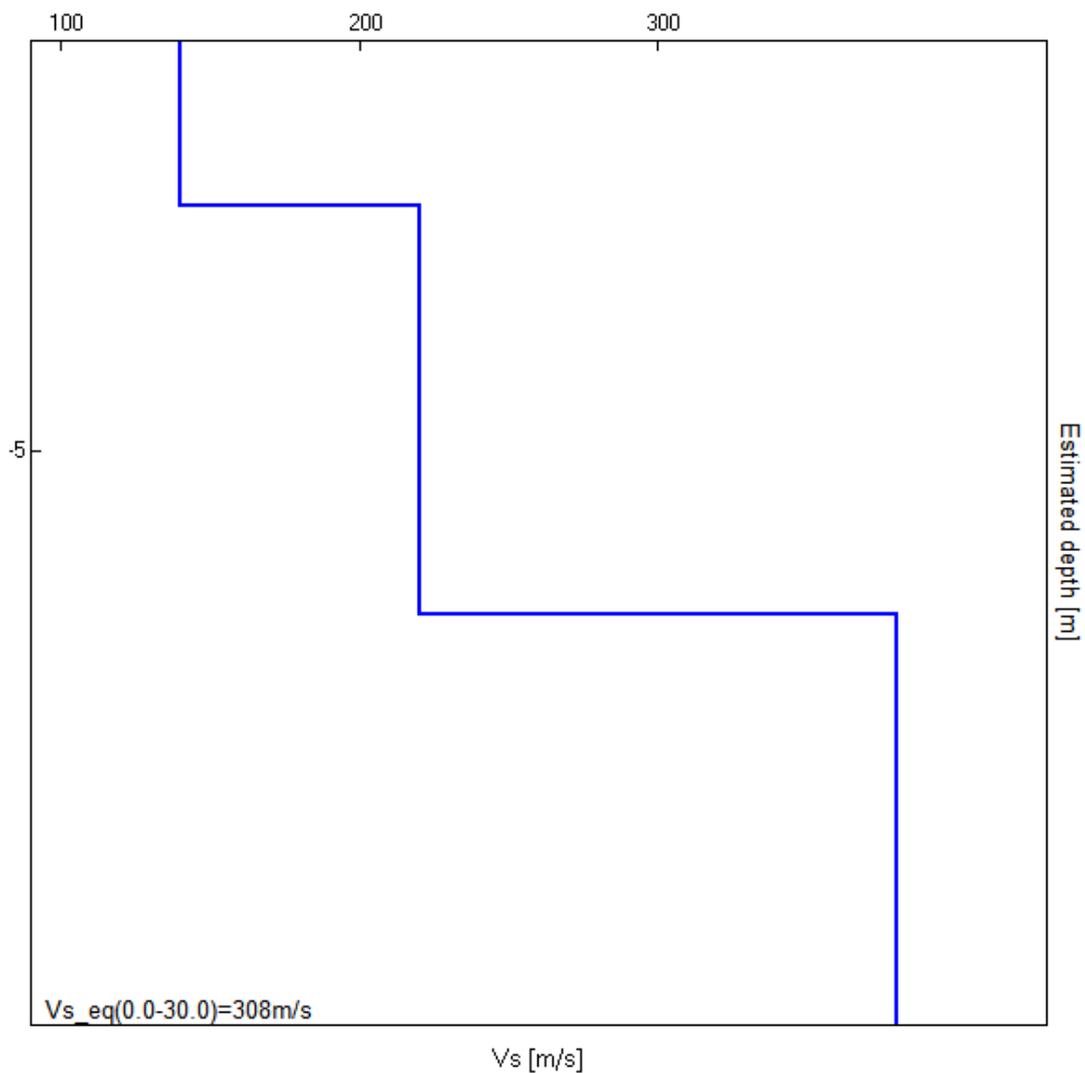
*Interpretazione sondaggio tomografico T6*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 2.00	130	C	<b>C</b> (Vs,eq=293 m/s)
2.00 – 7.00	200	C	
6.00 – 30.00	370	B	



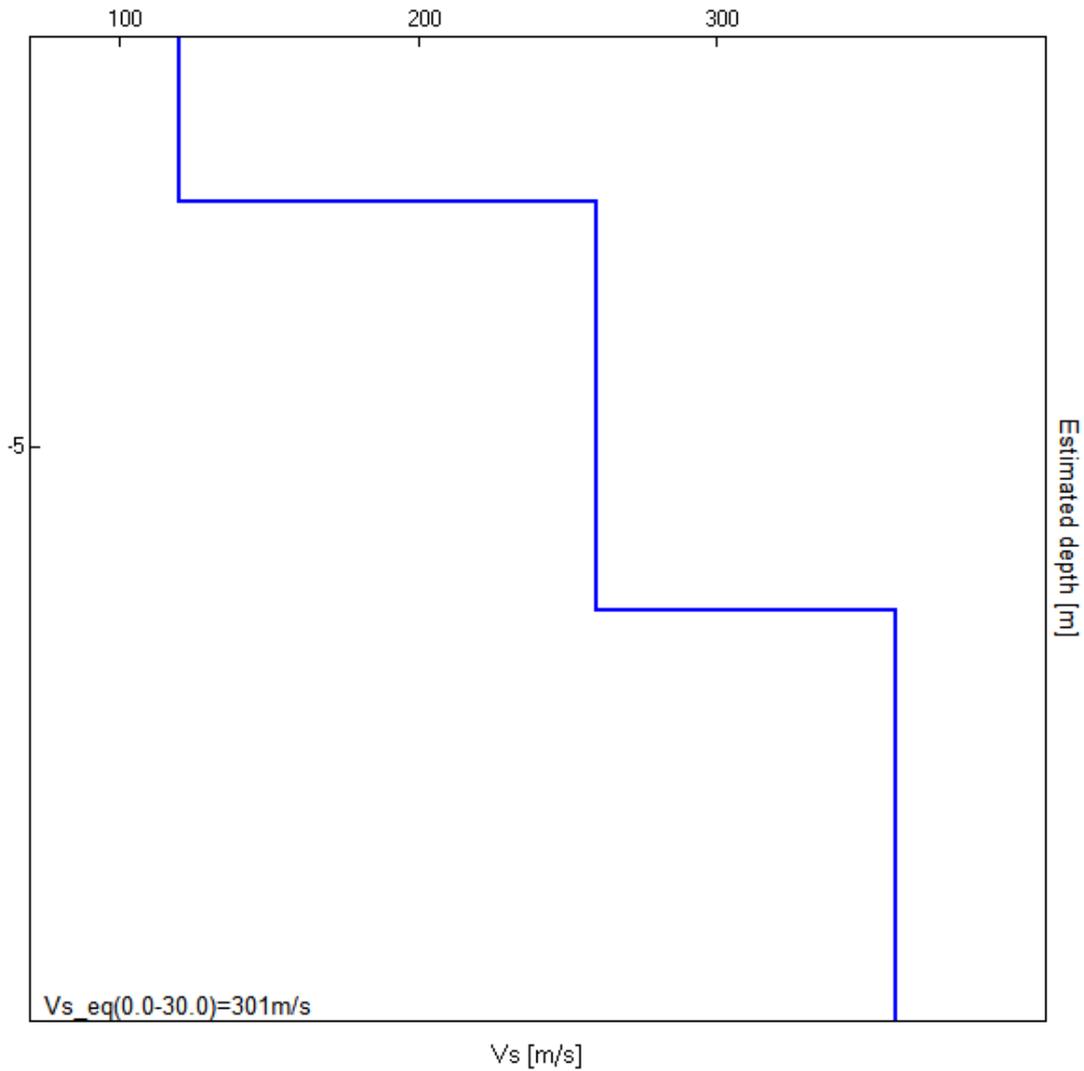
Interpretazione sondaggio tomografico T7

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 2.00	140	C	<b>C</b> (Vs,eq=308 m/s)
2.00 – 7.00	220	C	
7.00 – 30.00	380	B	



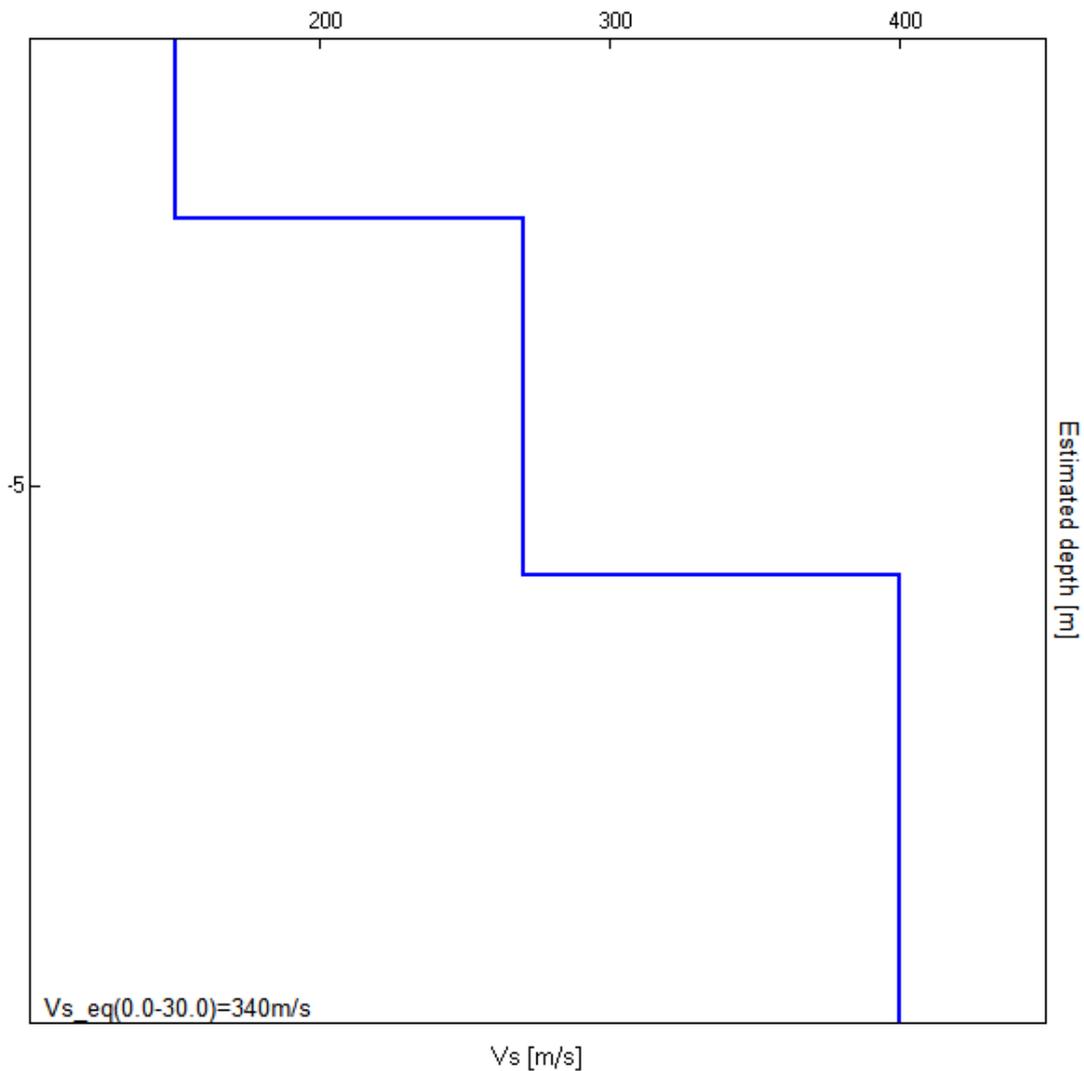
*Interpretazione sondaggio tromografico T8*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 2.00	120	C	<b>C</b> (Vs,eq=301 m/s)
2.00 – 5.00	260	C	
5.00 – 30.00	360	C	



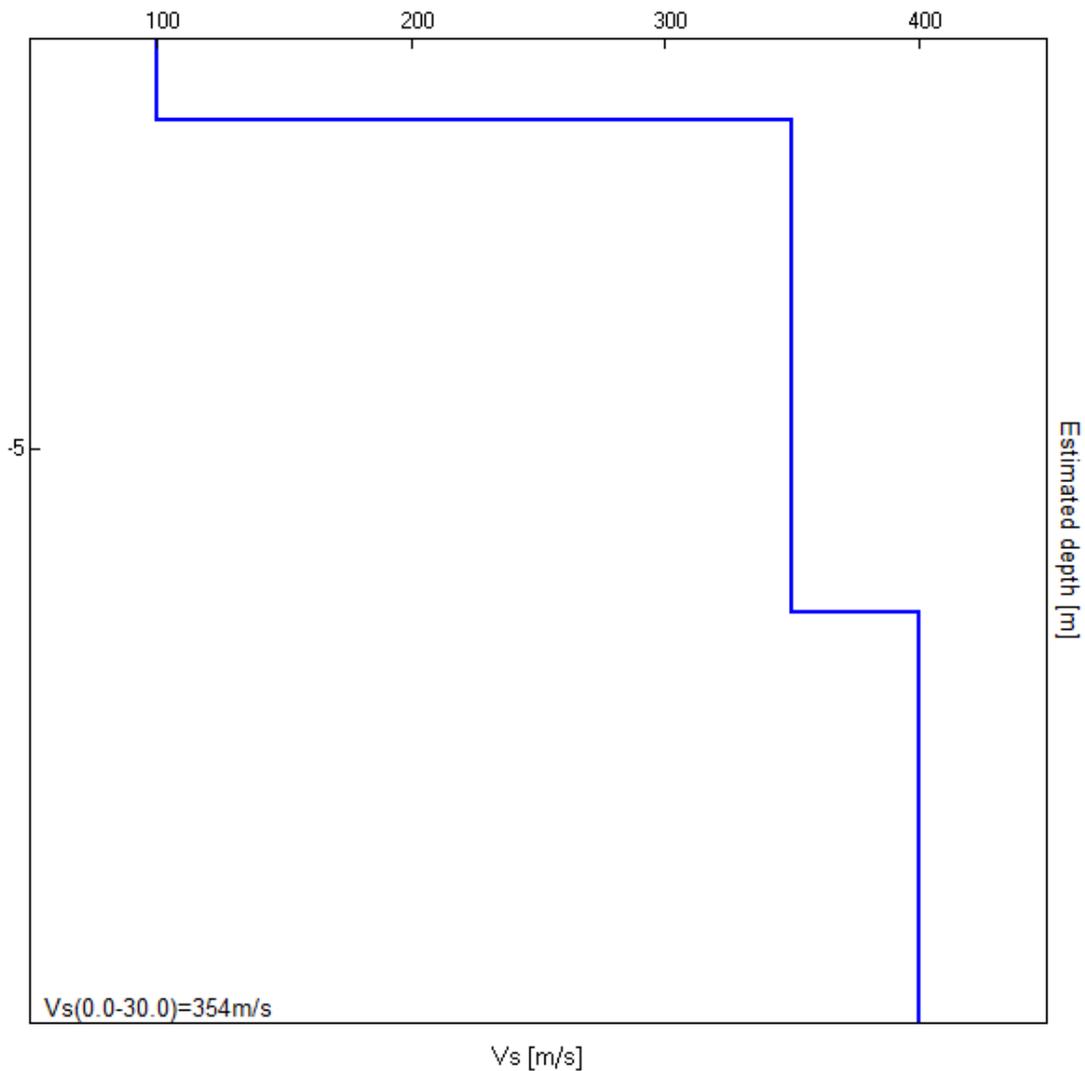
Interpretazione sondaggio tomografico T9

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 2.00	150	C	<b>C</b> (Vs,eq=340 m/s)
2.00 -6.00	270	C	
6.00 – 30.00	400	B	



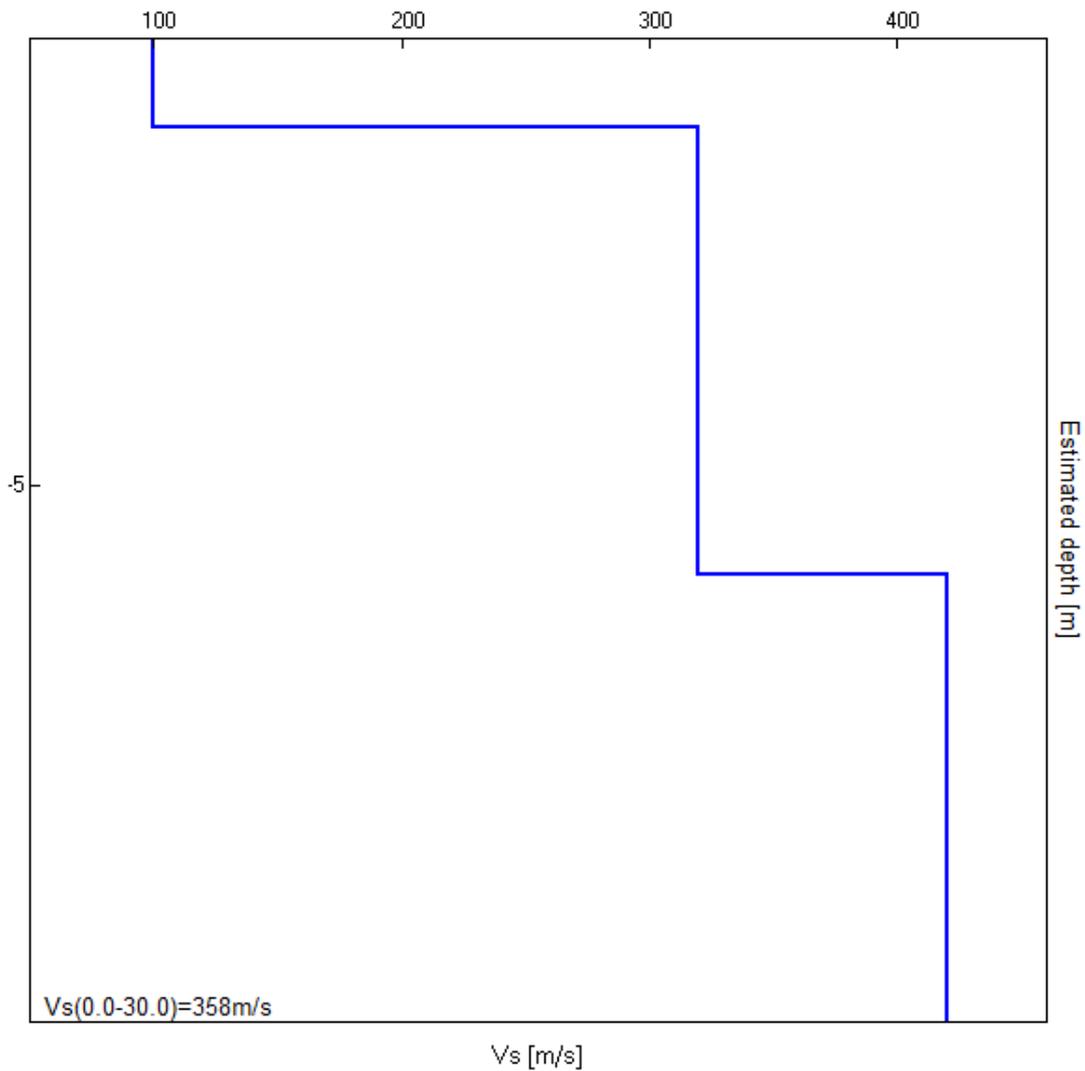
*Interpretazione sondaggio tromografico T10*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 14/01/2008	
0.00-1.00	100	D	<b>C</b> (Vs,eq =354 m/s)
1.00-7.00	350	C	
7.00-30.00	400	B	



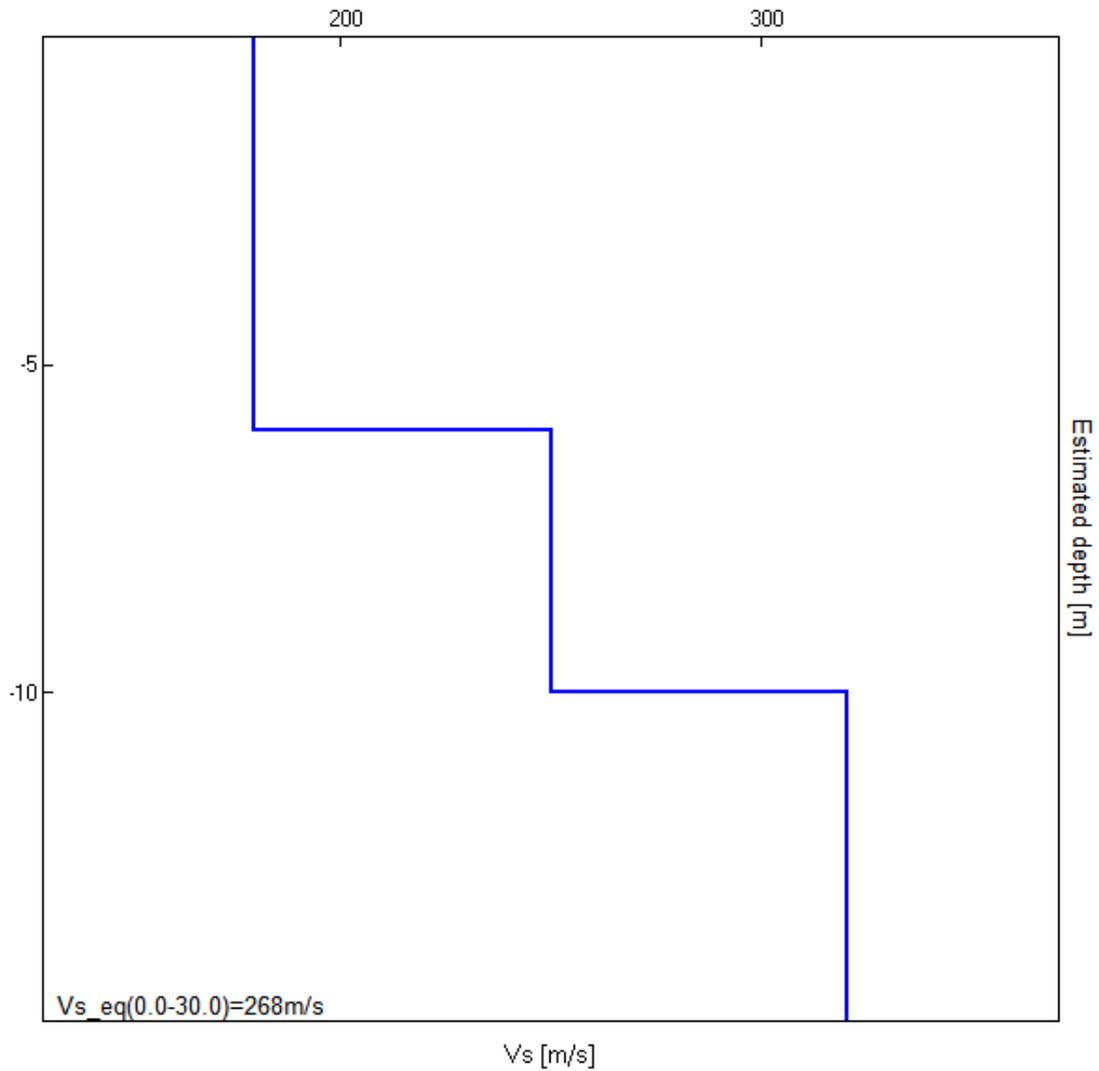
*Interpretazione sondaggio tromografico T11*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 14/01/2008	
0.00 - 1.00	110	D	<b>C</b> (Vs,eq=353 m/s)
1.00 - 6.00	350	C	
6.00 - 30.00	390	B	



*Interpretazione sondaggio tromografico T12*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 6.00	180	C	<b>C</b> (Vs,eq=268 m/s)
6.00 -10.00	250	C	
10.00 – 30.00	320	C	



*Interpretazione sondaggio tromografico T13*

## **6. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO**

Ai fini sismici il territorio interessato è incluso nell'elenco delle località sismiche con un livello di pericolosità 2.

Tale classificazione è stata dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 e dall'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519 e confermata dalla Regione Sicilia (DGR 408 del 19/12/2003).

In questo quadro trova conferma la classificazione sismica dell'area e la necessità di studiare le eventuali modificazioni che dovessero subire le sollecitazioni sismiche ad opera dei fattori morfologici, strutturali e litologici.

Tali studi, eseguiti anche in Italia nelle zone dell'Irpinia, del Friuli, dell'Umbria e più recentemente di Palermo e del Molise, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

In tal senso sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati.

Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bedrock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

Di particolare importanza è, inoltre, lo studio dei contatti stratigrafici in affioramento soprattutto tra terreni a risposta sismica differenziata.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti appartengono alla 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.*

## **7. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI**

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine *liquefazione* viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Ricordando la relazione di un terreno incoerente saturo:

$$\tau_f = (\sigma_f - u) \operatorname{tg} \varphi$$

se per effetto delle azioni esterne la pressione applicata si trasferisce integralmente alla fase liquida, ossia  $\sigma = u$ , viene  $\tau_f = 0$  e quindi resistenza tangenziale nulla.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire

mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

I metodi con cui si calcola la tendenza alla liquefazione sono divisi in due categorie: a) Metodi semplificati; b) Metodi empirici ed il nostro studio utilizza quelli definiti dal programma Liquiter della Geostru.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle Vs30.

La resistenza del deposito alla liquefazione viene, quindi, valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione.

Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati dal programma sono:

- 1) *Metodo di Seed e Idriss (1982);*
- 2) *Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);*
- 3) *Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);*
- 4) *Metodo di Finn (1985);*
- 5) *Metodo di Cortè (1985);*
- 6) *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);*
- 7) *Metodo di Andrus e Stokoe (1998);*
- 8) *Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);*
- 9) *Metodo basato sull'NTC 2008.*

In base all'Eurocodice 8 (ENV 1998-5) si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando  $a_g < 0,15$  e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- ❖ contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità  $> 10$ ;
- ❖ contenuto di limo superiore al 10% e resistenza  $N_{1,60} > 20$ ;

❖ frazione fine trascurabile e resistenza  $N_{1,60} > 25$ .

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1- S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 - S (M < 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys.

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT, la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

(a)

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove  $(N_{1,60})_{cs}$  viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove  $N_{1,60}$  è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice  $N_m$  (ridotti del 25% per profondità  $< 3$  m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left( \frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato.

<b>Attrezzatura</b>	<b>C<sub>E</sub></b>
Safety Hammer	0,7 – 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 – 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 – 1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 – 1,4

I parametri  $\alpha$  e  $\beta$ , invece, dipendono dalla frazione fine (FC):

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$

$$\beta = 1,2 \quad \text{per FC} > 35\%$$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati  $q_c$  devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la seguente formula

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di particelle fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.

Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato  $(N_{1,60})_{cs}$ , si utilizza la (a) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la formula:

$$V_{s1} = V_s \left( \frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left( \frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[ \frac{1}{(V_{s1})_{cs} - V_{s1}} - \frac{1}{(V_{s1})_{cs}} \right]$$

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.

La normativa richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse

di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati.

La probabilità di liquefazione  $P_L$ , invece, è data dall'espressione di Juang et al. (2001):

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_s}{0,72}\right)^{3,1}}$$

Nello specifico del nostro lavoro e dai dati in nostro possesso, si evince che in corrispondenza delle opere in progetto sono presenti i litotipi conglomerati ed argillosi delle formazioni geologiche che non consentono la formazione di fenomeni di liquefazione.

Anche la facies sabbiosa risulta molto eterogenea da un punto di vista granulometrico e tali da non rientrare all'interno del fuso granulometrico riferibile a quelli suscettibili di tale fenomeno.

In ogni caso in sede di progettazione esecutiva si realizzeranno le necessarie indagini geognostiche e geotecniche a supporto delle ipotesi in questa sede formulate.

## **8. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLE OPERE IN PROGETTO**

Da quanto desumibile dalle indagini eseguite in questa prima fase, i terreni che costituiscono il volume geotecnicamente significativo delle opere in progetto sono riferibili alle seguenti litologie: **a) Fm Terravecchia (Frazione argillosa), b) Fm Terravecchia (Frazione sabbiosa), c) Fm Terravecchia (Frazione conglomeratica).**

Ne descriviamo singolarmente le caratteristiche litologiche e meccaniche così come desumibili dalle pubblicazioni scientifiche e dall'esperienza maturata su questi terreni, tenendo conto che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture fondali sarà necessario integrare le indagini eseguite di questa fase come descritto in premessa.

**a) Fm Terravecchia (facies argillosa):** si tratta di "rocce pseudo-coerenti" costituite da argille ed argille limose quando alterate, di colore dal nocciola al grigio. Si presentano alterate per una profondità pari a 5-6 m dal p.c. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai seguenti valori desunti dall'esperienza maturata su questo litotipo:

$$\varphi' = 20^\circ, c' = 2 \text{ t/mq}, \gamma = 1,9 \text{ t/mc}$$

**b) Fm Terravecchia (facies sabbiosa):** si tratta di "rocce incoerenti" costituite da sequenze prevalentemente sabbiose ed arenacee. Si tratta di sabbie, sabbie limose ed arenarie, di colore da giallastro al tabacco, limi sabbiosi e sabbie limose. In particolare si rinvencono sabbie quarzose da bruno giallastre a rossastre, in genere incoerenti o debolmente cementate, cui si alternano banchi di arenarie quarzose e sottili livelli conglomeratici con ciottoli appiattiti. argille ed argille

limose quando alterate, di colore dal nocciola al grigio. Si presentano alterate per una profondità pari a 2-3 m dal p.c.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai seguenti valori desunti dall'esperienza maturata su questo litotipo:

$$\varphi' = 30^\circ, c' = 0 \text{ t/mq}, \gamma = 1,8 \text{ t/mc}$$

c) **Fm. Terravecchia (facies conglomeratica)**: comprende le sequenze prevalentemente conglomeratiche presenti nella formazione. I conglomerati sono costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea e quarzarenitica.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai seguenti valori desunti dall'esperienza maturata su questo litotipo:

$$\varphi' = 32^\circ, c' = 0 \text{ t/mq}, \gamma = 1,9 \text{ t/mc}$$

## **9. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

Fermo restando che il piano di indagini sotto indicato sarà individuato in modo definitivo prima della redazione della progettazione esecutiva utile per la realizzazione dell'impianto, sulla base di un'analisi preliminare si ritiene opportuno eseguire, nelle successive fasi di progettazione, le indagini di seguito elencate.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore e dell'area in cui saranno realizzate le cabine di parallelo e di trasformazione utente 30 kV/36 kV:

- ✓ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità pari a 30 mt. dal p.c.;
- ✓ prelievo di n. 3 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica;
- ✓ n. 5 S.P.T. in foro;
- ✓ installazione di un piezometro per l'individuazione della profondità del livello freatico.

## **10. CONCLUSIONI**

Da quanto detto precedentemente in ordine alle caratteristiche geologico-tecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area vasta si evince che:

- Le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori CAN\_01, CAN\_04, CAN\_05, CAN\_08, CAN\_09, CAN\_10, CAN\_12 e CAN\_13 sono caratterizzate dall'affioramento della frazione conglomeratica con spessore variabile tra 2 e 7 metri che poggia sulla frazione sabbiosa con spessori variabili tra 5 e 10 metri e successivamente su quella argillosa della Fm. Terravecchia;
- Le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori CAN\_02, CAN\_03, CAN\_06, CAN\_07 e CAN\_11 sono caratterizzate dall'affioramento della frazione sabbiosa con spessori variabili tra 5 e 10 metri che poggia sulla frazione argillosa della Fm. Terravecchia;
- entrambe le frazioni di presentano alterate per uno spessore variabile tra 6 e 10 m di profondità dal p.c.
- tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 0.5 e 3.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato.
- ai sensi del DM 17/01/2018 la categoria di suolo in corrispondenza di tutti gli aerogeneratori e delle cabine di parallelo e trasformazione utente 30 kV/36 kV è la C ovvero “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”;

- la particolare situazione geologica favorisce l'imbibizione dei litotipi superficiali ed un sistema multifalde a carattere stagionale che nei periodi invernali mantiene in condizioni di saturazione gli strati superficiali;
- l'area non rientra all'interno di acquiferi considerati dalla Regione come significativi ma l'area è comunque ricca di risorse idriche;
- un pozzo tutelato dal Piano di Tutela delle Acque è individuato nelle vicinanze del parco ma a distanza tale che quest'ultimo non interferisce con l'area di tutela;
- le fondazioni degli aerogeneratori pur essendo con molta probabilità di tipo indiretto su pali, non interferiscono con le falde freatiche presenti, né con il loro deflusso sotterraneo in quanto ubicati nelle parti più alte dei versanti;
- le distanze relative tra gli aerogeneratori e quelle dei pali delle singole fondazioni sono tali da non poter in alcun modo provocare alcun effetto diga o modificare le linee di deflusso sotterraneo;
- il presente studio, vista la delicatezza della componente geomorfologica, ha dedicato un ampio approfondimento con rilievi di superficie ed interpretazioni aero foto geomorfologiche, ricostruendo con estremo dettaglio le tipologie e le dimensioni areali e spaziali dei singoli fenomeni gravitativi;
- per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dalle indagini geofisiche eseguite per il presente studio, si evince che le condizioni di stabilità delle singole opere d'arte sono, con le necessarie opere di ingegneria naturalistica/

paratie di pali, tali da rendere fattibile il progetto, anche in relazione a quanto dettato dallo studio geologico allegato al PRG;

- i terreni presenti non sono soggetti a fenomeni di liquefazione;
- si ritiene, comunque, indispensabile che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture in c.a. si eseguano le indagini di verifica delle su esposte ipotesi geologiche;
- si ritiene indispensabile la presenza di un geologo in fase di esecuzione degli scavi e di realizzazione delle fondazioni.

Dott. Geol. Gualtiero Bellomo

