



GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE
geoingegneria geotecnica geognostica geotecnologie



Edison Rinnovabili Spa
Sede Legale: Foro Buonaparte, 31
20121 MILANO
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Progetto:

***Realizzazione di un impianto eolico
nel Comune di Torrebruna (CH)***

Elaborato:

**Relazione geologica, geotecnica,
idrogeologica e sismica**

Geol. Nicola Tullo



Data: dicembre 2024

Geol. Nicola Tullo - SGAA srl

66041 ATESSA (CH) - Via Antonio Gramsci, 1 - Tel. 0872 865994 - Cell. +39 380 3047937

e-mail: info@sgaa.it pec: sgaa@pec.sgaa.it

Cod. Fiscale/Partita IVA: 02704700695 R.E.A. n. CH-414116

INDICE

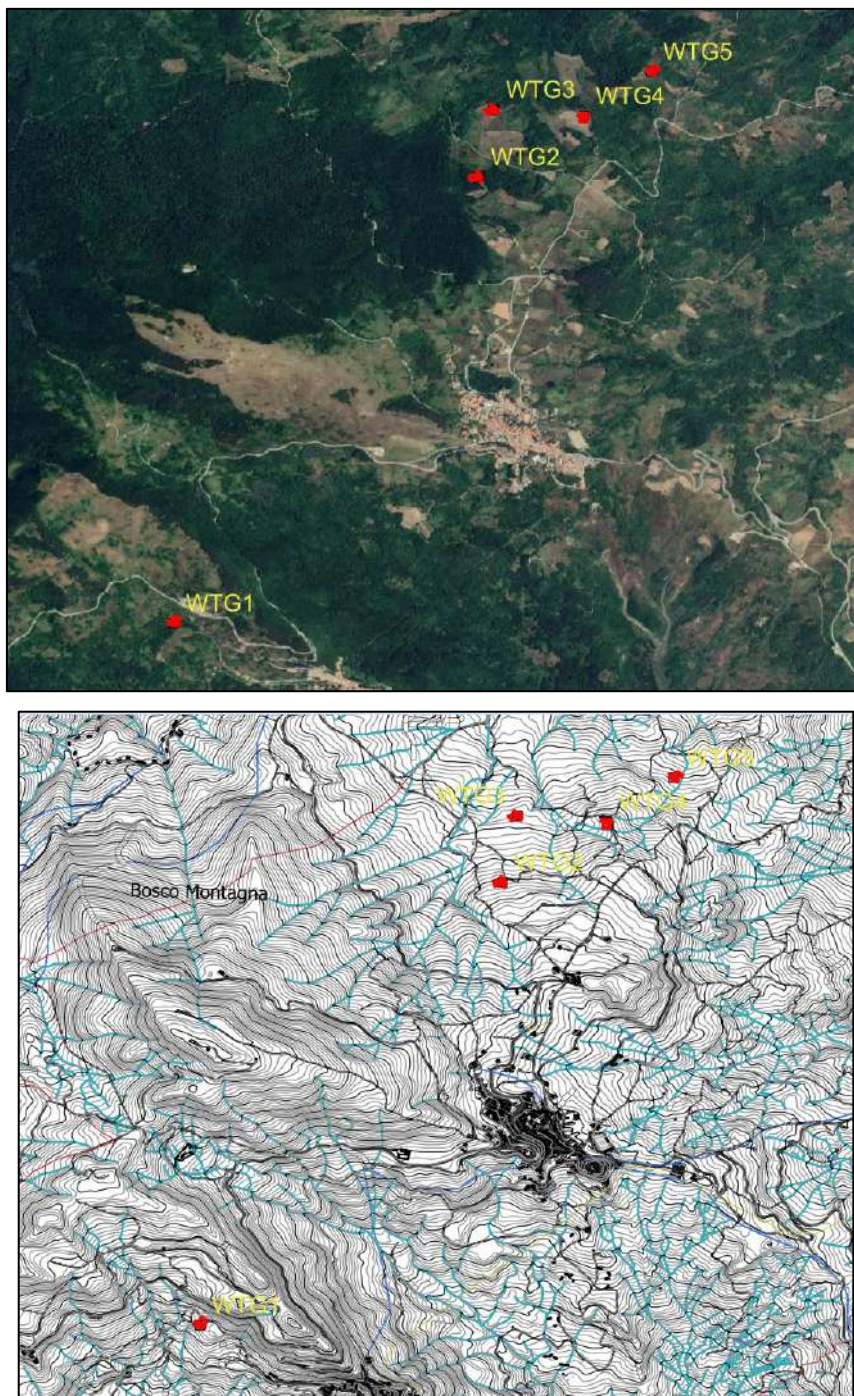
| | |
|---|-----------|
| 1.0 PREMESSA | 2 |
| 2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 4 |
| 3.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E PIANO STRALCIO DI BACINO | 7 |
| <i>3.1 Nuovi aerogeneratori</i> | <i>7</i> |
| <i>3.2 Cavidotti</i> | <i>9</i> |
| 4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI | 10 |
| 5.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO | 11 |
| <i>5.1 Formazione di Tufillo</i> | <i>11</i> |
| <i>5.2 Formazione di Agnone</i> | <i>13</i> |
| 6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 13 |
| <i>6.1 Categoria di suolo di fondazione</i> | <i>17</i> |
| <i>6.2 Condizioni topografiche e amplificazione topografica</i> | <i>18</i> |
| 7.0 CONCLUSIONI | 19 |

ALLEGATI

- Schede siti nuovi aerogeneratori

1.0 PREMESSA

Su incarico della *Edison Rinnovabili S.p.A.*, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico, idrologico e sismico preliminare per il progetto di **“Realizzazione di un impianto eolico nel Comune di Torrebruna (CH).**



Figg.1/2 – Ubicazione nuovo impianto su foto aerea e su CTR

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto eolico con l'installazione di 5 aerogeneratori, con relative piazzole, cabine di macchina, strade di accesso alle piazzole e cavidotti per veicolare l'energia prodotta alla sottostazione elettrica nel Comune di Roccaspinalveti.

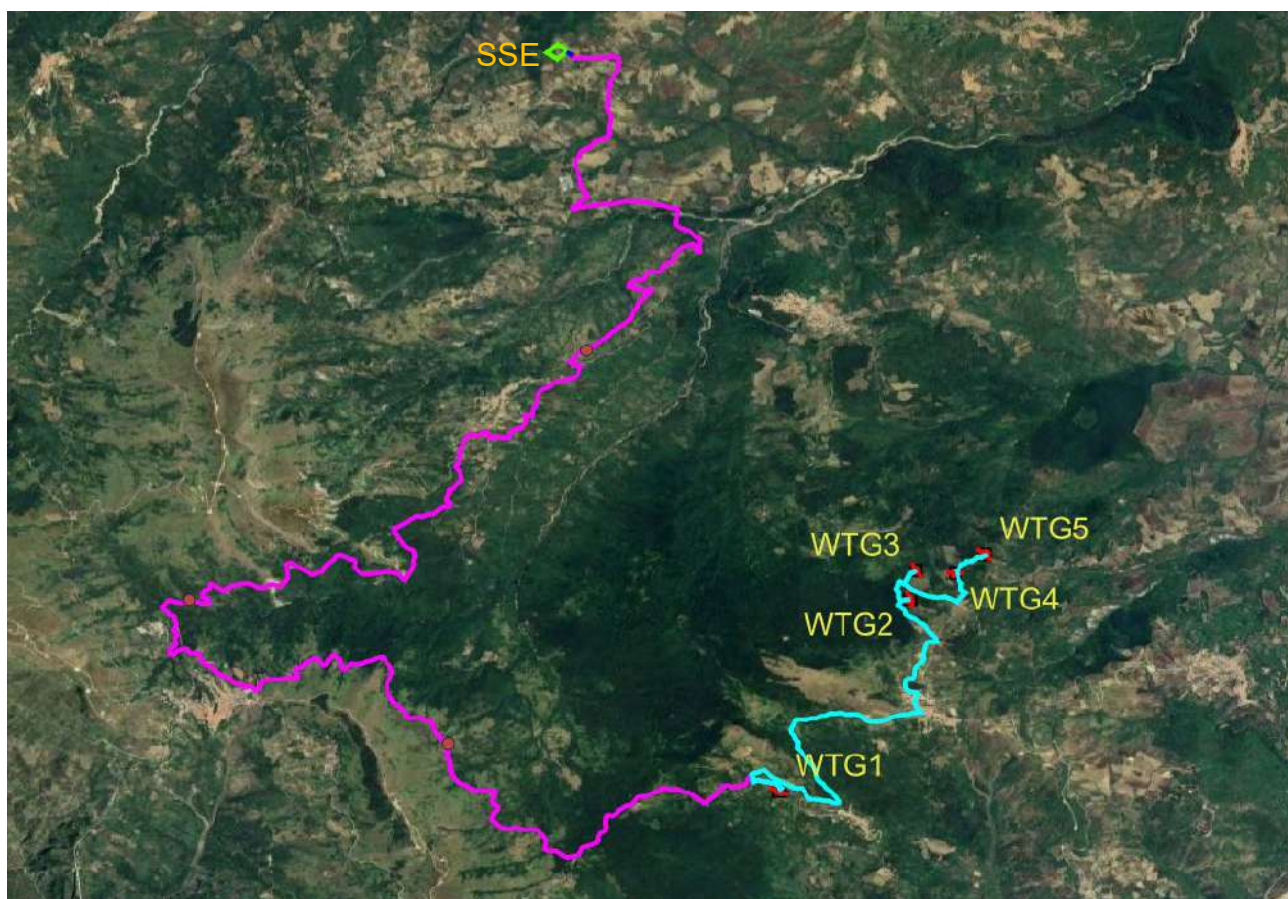


Fig.3 – Tracciato cavidotto dall'impianto "Torrebruna" alla sottostazione elettrica (SSE) nel Comune di Roccaspinalveti

La presente relazione illustra:

- i fattori geologici, geostrutturali e geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici e i dissesti in atto o potenziali;
- la compatibilità dell'impianto con il Piano Stralcio di bacino;
- la successione litostratigrafica generale con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi;
- i caratteri generali della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- i modelli geologico e geotecnico preliminari;
- la sismicità storica dell'area e la "pericolosità sismica di base".

In allegato, per ciascun aerogeneratore, viene riportata una scheda con la veduta aerea della piazzola e la sua ubicazione sulla Carta Tecnica Regionale Numerica, sulla Carta delle Pendenze e sulla Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino.

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio in esame fa parte di un'area geologicamente molto complessa, definita avanfossa adriatica, formatasi nel Plio-Pleistocene, che si sviluppa da Nord a Sud, dalla Pianura Padana al golfo di Taranto.

La cartografia geologica di riferimento più recente per questo territorio è a tutt'oggi costituita dalla Carta Geologica del Molise di L. Vezzani, F. Ghisetti e A. Festa (2004), a cui si fa riferimento per la datazione e descrizione delle formazioni presenti e di cui si riportano di seguito due stralci (Figg. 5 e 6).

Dal punto di vista geologico, il territorio è costituito da un complesso di sedimenti marini pelitico-flisciodi del Terziario, noti in letteratura sotto il nome di Coltri Molisano-Sannitiche e Mesoautoctono Tufillo-Agnone o Colate Gravitative dell'Aventino-Sangro o Alloctono Molisano (Auctt), rappresentati da Argille Varicolori sormontate da due formazioni flisciodi: i calcari marnosi della Formazione di Tufillo (SELLI, 1962) e le argille marnose mioceniche della Formazione di Agnone (SELLI, 1962).

La formazione più antica affiorante nell'area è costituita da un complesso caotico di rocce sedimentarie costituite da diversi litotipi, in prevalenza argilliti varicolori e marne argillose, con colorazioni particolarmente accese, dal rosso vinaccia, al verde chiaro, al grigio per arrivare al nero bituminoso. Altra particolarità, o caratteristica, è l'intensa scagliosità causata da piani di taglio che si incrociano a vario angolo, lungo le cui superfici spesso si rinvencono ricristallizzazioni di gesso secondario. Spesso, all'interno delle Argille Varicolori, si trovano pezzi di calcareniti, diaspri, e calcari marnosi di colore ruggine e marne verdoline tipo pietra paesina.

Fanno seguito alle A. Varicolori tutta una serie di formazioni per lo più di tipo flischioide: Calcari marnosi e marne argillose e calcareniti e Argille marnose e arenarie.

La prima è conosciuta in letteratura come Formazione di Tufillo (Selli, 1962) ed è rappresentata da un vero e proprio flysch calcareo-marnoso: all'interno della stratificazione si rinvencono strutture tipo slumps a testimonianza della messa in posto da correnti di torbida. Le seconde, note in letteratura come flysch di Agnone, sono un vero e proprio flysch formato da una parte pelitica con

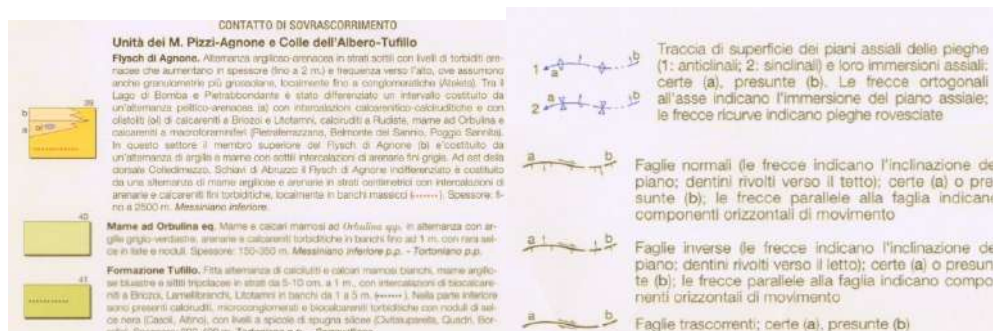
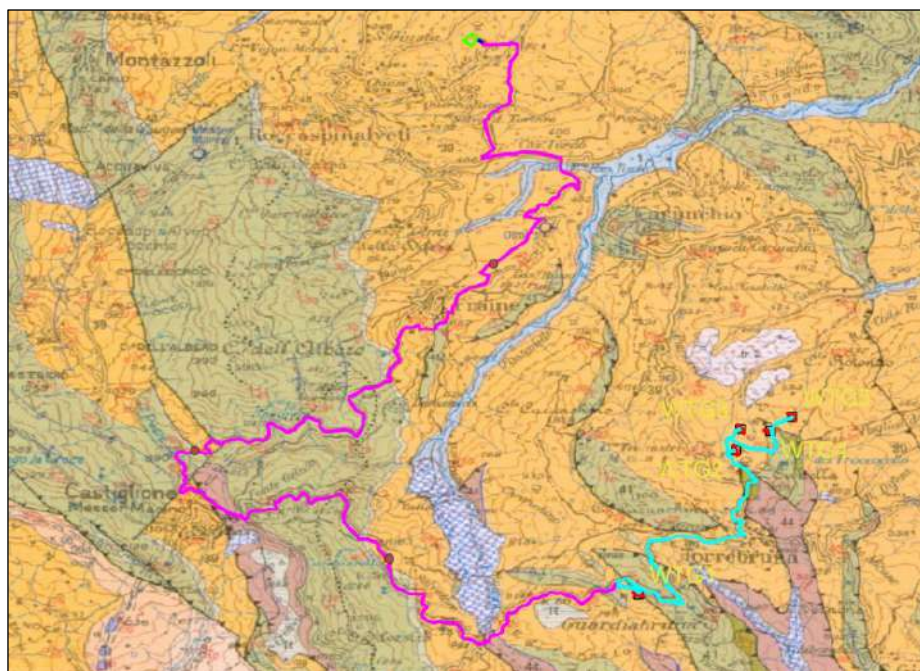
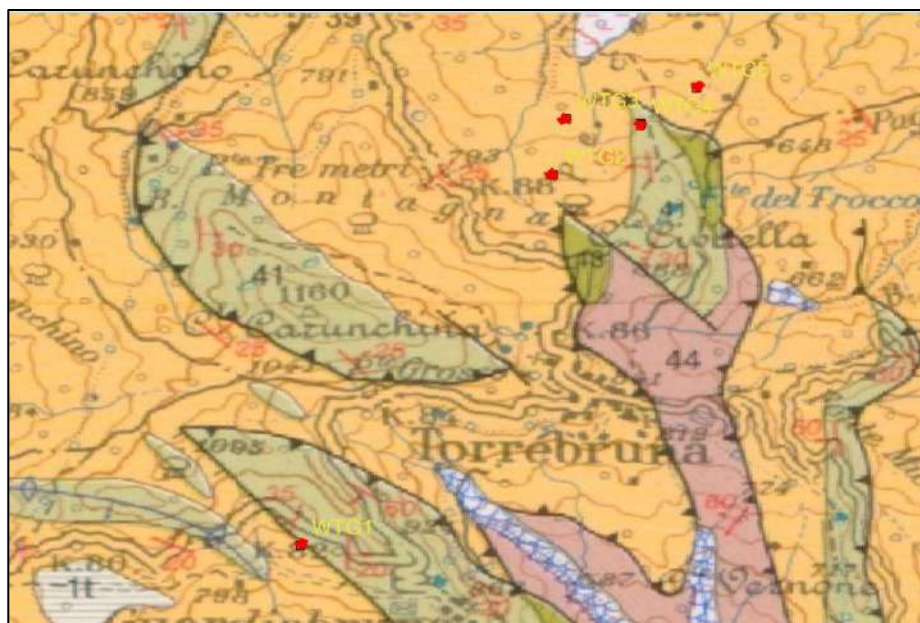
intercalati livelli di arenarie. Il meccanismo di deposizione è dovuto a correnti di torbida “diluite”.

Tra questi due flysch, calcareo-marnoso e argilloso-marnoso, ci sono le cosiddette Marne ad Orbulina, intensamente tettonizzate e stratificate, il cui ambiente di deposizione è sicuramente di mare abbastanza profondo, dove alla sedimentazione emipelagica si intercalano livelli detritici di natura torbida a testimonianza di vicini margini di scarpata con una tettonica attiva.

Nell’analisi delle strutture geologiche affioranti si è fatto riferimento alla Carta Geologica del Molise di L. Vezzani, F. Ghisetti e A. Festa (2004): secondo questi autori il sistema di unità tettoniche affiorante nell’area in esame è ampiamente sovrascorso sul bacino di avanfossa e sul margine deformato dell’Avampaese Adriatico. Nella complessa geometria osservabile in superficie si nota una distribuzione delle unità tettoniche in grandi sistemi ad arco, troncati trasversalmente da faglie. A tetto dell’intero edificio tettonico poggiano in accavallamento le Unità Molisane e le Unità Sicilidi, come risultato di un sovrascorrimento di elevato rigetto che ha portato queste unità ad affiorare in una zona esterna ad est dell’allineamento tettonico definito della Linea Volturino-Sangro. Le Unità Sicilidi comprendono un complesso altamente eterogeneo e caotico (le suddette Argille Varicolori), che nella zona in esame, si trovano in appoggio tettonico sulle Unità Adriatiche deformate e mostrano rapporti di involuppo tettonico rispetto alle Unità Molisane dei Monti Frentani, di Colle dell’Albero-Tufillo e dei Monti Pizzi-Agnone. Le Unità Molisane sono geometricamente sovrapposte ad elementi dell’avampaese Apulo deformato: al loro interno sono presenti numerosi orizzonti di scollamento con sviluppo di piani a basso angolo o con piani di taglio subverticali, lungo i quali si evidenziano strutture transpressive a direzione NNE-SSW.

Le Unità Molisane costituiscono un sistema imbricato, suddiviso, dall’alto verso il basso, in tre Unità principali: Unità dei Monti Pizzi-Agnone, di Colle dell’Albero-Tufillo e dei M. Frentani. La dorsale in esame appartiene all’Unità di Colle dell’Albero-Tufillo, delimitata alla base da un piano di retroscorrimento a direzione NNW-SSE che la giustappone a quella dei M. Pizzi-Agnone.

Gli assetti strutturali che caratterizzano l’area sono, quindi, essenzialmente imputabili ad una tettonica di trasporto orogenico: le formazioni descritte hanno subito notevoli traslazioni orizzontali con spostamenti verso NE ed E.



Figg. 5-6 – Stralci Carta Geologica del Molise di L. Ghisetti, F. Vezzani e A. Festa (2004)
(in alto ubicazione nuovi aerogeneratori, in basso nuovo cavidotto)

3.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E PIANO STRALCIO DI BACINO

3.1 Nuovi aerogeneratori

Le aree interessate dai nuovi aerogeneratori (dalla WTG02 alla WTG05) sono ubicate sulle zone sommitali di un rilievo montuoso ubicato nelle località Montagna e Colle Civitella, a Nord di Torrebruna, mentre l'aerogeneratore WTG01 è posto sulla strada per Guardiabruna, a sud-ovest dell'abitato di Torrebruna.

Come evidenziato negli stralci della Carta Geologica sopra riportati, nella parte sommitale di tale dorsale affiora sia la Formazione di Tufillo il cui assetto strutturale è caratterizzato da una monoclinale immergente verso Ovest con strati che mostrano inclinazioni variabili da 30° a 35°, sia la Formazione di Agnone rappresentata da argille marnose con intercalazioni arenacee.

Lungo i versanti si rileva la presenza di incisioni, in sinistra idrografica, che confluiscono nel Fiume Trigno.

Dal punto di vista idrogeologico il complesso sistema di fratture favorisce l'infiltrazione che alimenta le falde idriche delle strutture carbonatiche e drenano verso le sorgenti poste alla base della dorsale.

Dal punto di vista geomorfologico le aree interessate dall'impianto sono costituite dalle sommità del rilievo, caratterizzate da profili topografici a debole pendenza, privi di vegetazione arborea.

Tali crinali continuano verso il basso con una morfologia più varia ed articolata, a luoghi fortemente irregolare, che denota la presenza di un substrato argillo-marnoso inciso dai corsi d'acqua con i loro numerosi piccoli affluenti impostatesi lungo linee di maggiore debolezza litostrutturale.

Le superfici sommitali del rilievo sono caratterizzata da pendenze poco accentuate: come è visibile nella Carta dell'Acclività, riportata di seguito e nei dettagli allegati, le aree interessate dagli aerogeneratori mostrano pendenze inferiori a 15° (fig. 7).

La zona è compresa nel territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ex Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, da cui viene riportato di seguito lo stralcio della Carta della Pericolosità da Frana.

Nello stralcio riportato di seguito (Fig. 8) si evidenzia che gli aerogeneratori in progetto non risultano inseriti in nessuna classe di pericolosità.

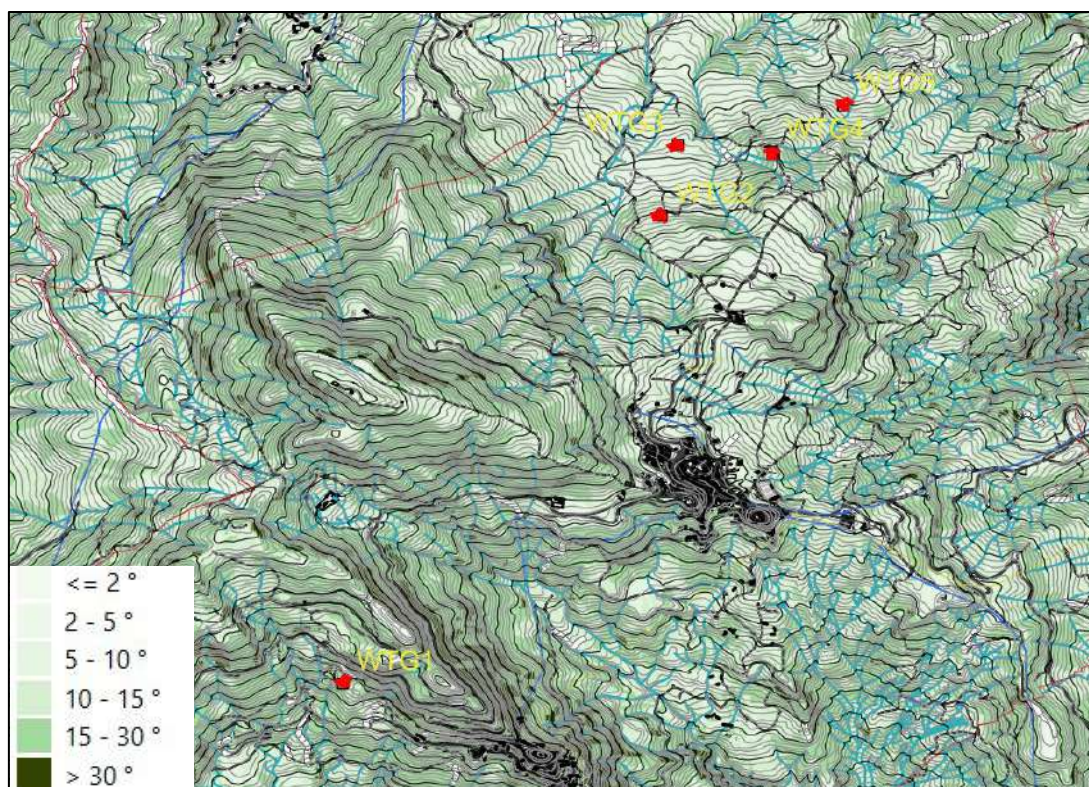


Fig. 7 – Carta dell'Acclività

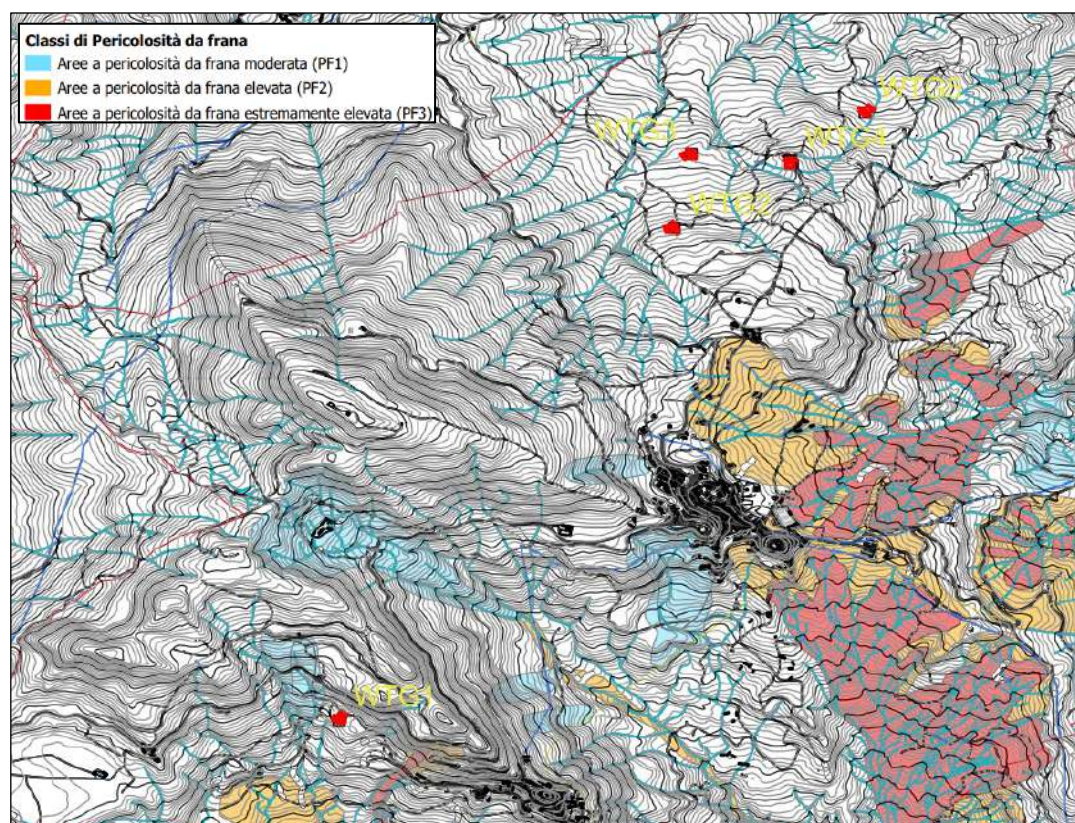


Fig. 8 – Carta della Pericolosità da frana

3.2 Cavidotti

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo cavidotto per veicolare l'energia prodotta fino alla sottostazione elettrica in località San Cristoforo nel Comune di Roccaspinalveti.

Il nuovo cavidotto si svilupperà verso Nord percorrendo principalmente la viabilità e i tracciati esistenti, intersecando, lungo il suo percorso, zone a diversa pericolosità, come si nota dalla Carta della Pericolosità riportata di seguito.

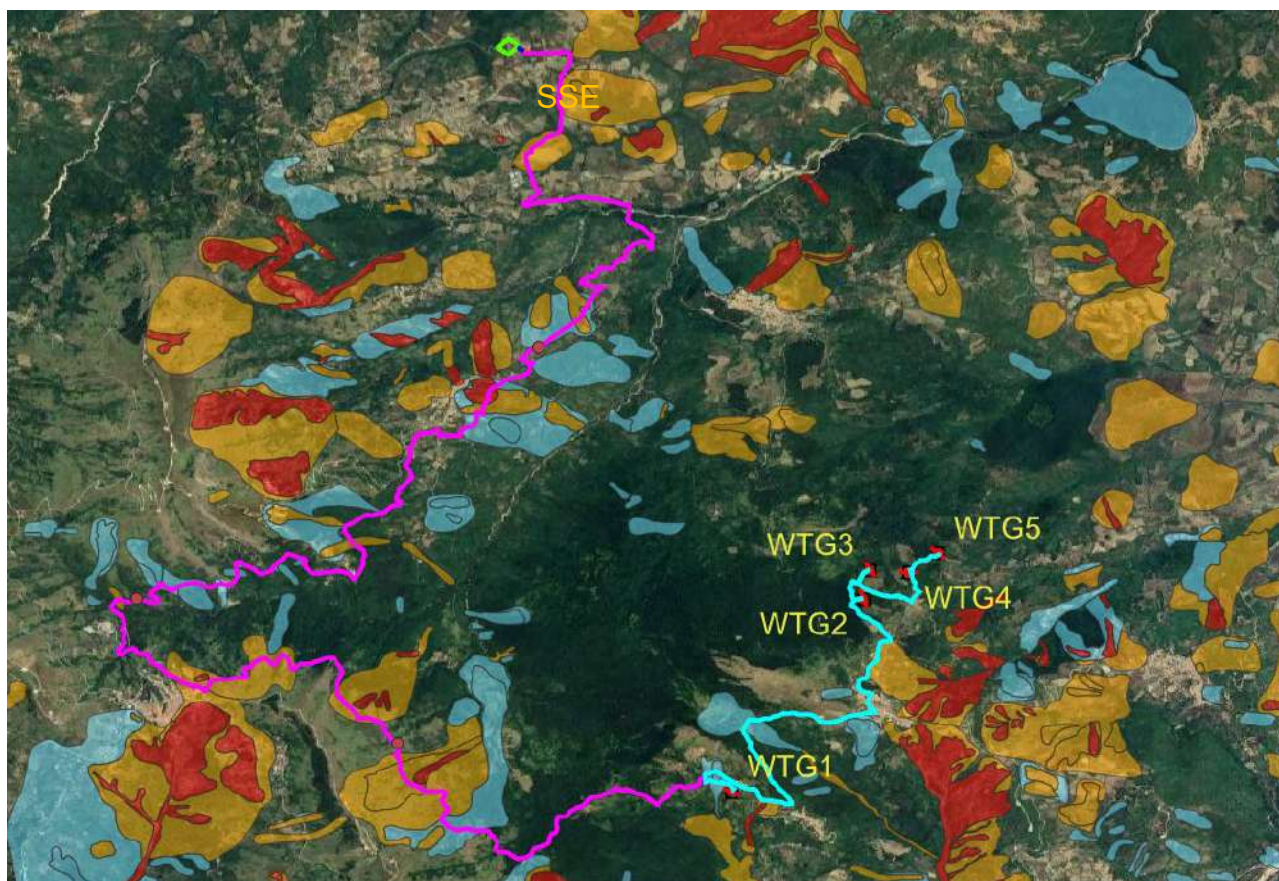


Fig. 9 – Sviluppo del cavidotto dall'impianto alla SSE di Roccaspinalveti sulla Carta della Pericolosità da frana

Lungo tutto il cavidotto affiorano sia i calcari della Formazione di Tufillo, sia le argille marnose della Formazione di Agnone, ricoperti da coltri eluvio-colluviali anche di notevole spessore. Per quanto riguarda quest'ultima formazione, si tratta di argille sovra-consolidate fessurate con sottili intercalazioni di materiali sabbiosi permeabili, che, nelle zone più superficiali, mostrano fenomeni di allentamento ed apertura di discontinuità con la formazione di piccoli poliedri contigui.

Spesso l'infiltrazione di acqua nelle fessure e negli strati sabbiosi provoca processi di rammollimento ed alterazione che predispongono i versanti a fenomeni gravitativi quali colamenti o frane di tipo complesso, come quelli cartografati nella Carta della Pericolosità.

Alla luce di queste considerazioni il progetto prevede la messa in opera del cavidotto lungo le strade esistenti, senza operare nuovi tagli sui versanti, con scavi a piccola profondità (1.20 m). In questo modo si ritiene che la sua realizzazione non indurrà alcuna variazione delle condizioni idrogeologiche e di stabilità delle zone interessate, per cui non determinerà alcun incremento del livello e delle condizioni di pericolo e di rischio preesistenti.

4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrologico, il rilievo interessato è inciso sia sul suo versante occidentale sia su quello orientale dagli impluvi dei corsi d'acqua affluenti del F. Trigno, sviluppatasi prevalentemente lungo l'intersezione delle discontinuità. I processi di infiltrazione, abbastanza intensi, hanno favorito lo sviluppo di un modestissimo reticolo carsico con alcune rare manifestazioni di superficie.

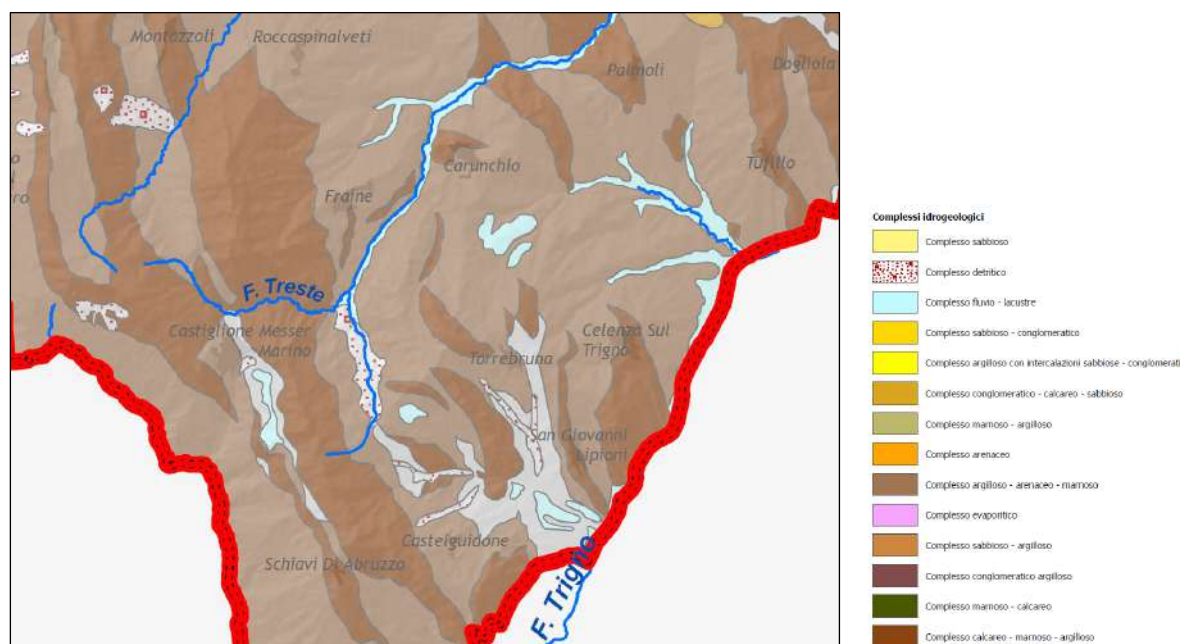


Fig. 10 – Carta dei Complessi Idrogeologici PTA Abruzzo

La circolazione idrica nei versanti è condizionata, quindi, dalla natura litologica dei terreni presenti: i terreni calcarei delle dorsali risultano molto permeabili per fratturazione, mentre nei sedimenti a prevalente componente argillosa, la permeabilità è molto bassa e le piogge erodono fortemente i terreni formando solchi ed incisioni che si approfondiscono e si ramificano dando luogo ai paesaggi montonati visibili sulla parte inferiore dei versanti.

Dal punto di vista idrogeologico il complesso sistema di fratture favorisce l'infiltrazione, particolarmente intensa, che alimenta le falde idriche che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano verso le sorgenti poste alla base della dorsale.

Nella Carta dei Complessi Idrogeologici del PTA della Regione Abruzzo, sopra riportata, si nota come gran parte della zona appartenga al Complesso argilloso-arenaceo-marnoso, poco permeabile, mentre le dorsali vengano assimilate al complesso calcareo-marnoso-argilloso, piccole strutture più permeabili, delimitate inferiormente e lateralmente dai sedimenti argillo-marnosi.

5.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO

Dalla cartografia geologica emerge che tre nuovi aerogeneratori (WTG2, WTG3 e WTG5) saranno ubicati in aree costituite dalla Formazione di Agnone, rappresentata da argille marnose consistenti, con intercalazioni calcarenitiche, ricoperte da materiali eluvio-colluviali, mentre gli altri due (WTG1 e WTG4) saranno posizionati in aree a prevalente costituzione calcareo-marnosa della Formazione di Tuffillo.

Anche i modelli geologico e geotecnico del sottosuolo interessato dal cavidotto, ricostruiti attraverso la consultazione della letteratura e delle indagini precedentemente eseguite nella zona, possono essere ricondotti ad entrambe le formazioni flyschiodi. Si tratta quindi di un sottosuolo costituito sia dalla Formazione di Tuffillo sia dalla Formazione di Agnone rappresentata da argille marnose consistenti, con intercalazioni calcarenitiche, ricoperte da materiali eluvio-colluviali.

Il cavidotto verrà realizzato principalmente lungo la viabilità esistente, con scavi a piccola profondità (1.20 m), e interesserà principalmente i materiali di riporto dei sottofondi stradali, a comportamento prevalentemente attritivo e i depositi limo-argillosi eluvio-colluviali.

5.1 Formazione di Tuffillo

Tale formazione che costituisce le dorsali di Colle Civitella e di Guardiabruna, rispettivamente a NE e a SW di Torrebruna, è rappresentata da una successione caratterizzata da alternanze di marne calcaree e calcareniti con colorazioni biancastre e grigiastre.

Si tratta di rocce che hanno prevalentemente una composizione granulare clastica con singoli elementi formati da ruditi, frammenti di roccia, areniti e lutiti ben cementati tra loro, tanto da risultare, se integra, molto resistente, ma, a causa delle vicissitudini tettoniche subite, risulta interessata da un'intensa micro e macrofessurazione.

Nel complesso, siamo in presenza di sedimenti fragili fessurati in cui l'intensità della fratturazione è molto variabile, fino a zone in cui la presenza di un fitto reticolo di discontinuità con spaziatura variabile dà all'ammasso roccioso un aspetto caotico.

La Formazione di Tuffillo è costituita in prevalenza da strati lapidei con subordinate intercalazioni di livelli pelitici.

La parte lapidea è formata da brecciole calcaree e calcareniti, calcilutiti chiare e marne calcaree, mentre la parte pelitica è rappresentata da argille scistose verdastre e marne tenere biancastre.

Al di sopra di essa è presente la Formazione delle Marne ad Orbulina costituita da marne grigie molto fratturate con sottili intercalazioni di brecce calcaree e alternanze di marne argillose ed arenarie in strati centimetrici con intercalazioni di calcareniti fini torbiditiche, talora in banchi massicci.

A luoghi, dove le superfici sono poco inclinate, la formazione calcareo-marnosa e la formazione marnosa sono ricoperte da suoli detritico-regolitici bruno-nerastri di spessore variabile da luogo a luogo.

Dal punto di vista geotecnico, le precedenti indagini geognostiche e geotecniche condotte su terreni geologicamente simili, (dorsali di Castel Fraiano e Colle dell'Albero rispettivamente nel comune di Castiglione Messer Marino e di Roccapinalveti), hanno mostrato una certa omogeneità delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi presenti, trattati come terreni a comportamento prevalentemente attritivo, in quanto rappresentati da marne calcaree e calcari marnosi interessati da diffusa fratturazione.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori medi dei principali parametri geotecnici:

Valori medi dei parametri geotecnici – Formazione di Tuffillo

- Peso unità di volume - γ [t/m³] = 2.2 - 2.3
- Peso unità di volume saturo - γ_{sat} [t/m³] = 2.3 - 2.4
- Angolo di resistenza al taglio - ϕ' [°] = 35 - 45
- Modulo Edometrico - E_{ed} [kg/cm²] = 200 - 360
- Modulo Elastico - E_y [kg/cm²] = 250 - 450
- Modulo di Poisson - ν = 0.25 - 0.18
- Modulo di taglio - G [kg/cm²] = 1800

Come si nota, tali risultati indicano per i sedimenti presenti nel sottosuolo buone caratteristiche di resistenza al taglio.

5.2 Formazione di Agnone

La formazione di Agnone nella sua parte prevalentemente pelitica si presenta costituita da argille fittamente stratificate, interessate da diffusa macro e microfessurazione tettonica.

Dal punto di vista geotecnico e mineralogico presentano caratteri di media ed alta plasticità, notevole compattazione (alti valori della densità secca), un alto contenuto in carbonati a cui si accompagnano illite, clorite, caolinite, smectite e quarzo.

Granulometricamente definibili come limi argillosi, questi materiali mostrano contenuti d'acqua prossimi al limite di ritiro e consistenza semisolida.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori medi dei principali parametri geotecnici:

Valori medi dei parametri geotecnici – Formazione di Agnone

- Peso unità di volume - γ [t/m³] = 1.9 – 2.0
- Peso unità di volume saturo - γ_{sat} [t/m³] = 2.1 - 2.3
- Angolo di resistenza al taglio - ϕ' [°] = 25 – 28
- Modulo Edometrico – E_{ed} [kg/cm²] = 100 - 150
- Modulo Elastico – E_y [kg/cm²] = 200 – 250
- Modulo di Poisson - ν = 0.35 - 0.30
- Modulo di taglio - G [kg/cm²] = 1600

6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La pericolosità sismica può essere definita come il livello di confidenza associato ad una proposizione del tipo: *“In un futuro intervallo di tempo la località verrà interessata da almeno un evento sismico caratterizzato da un livello di scuotimento al sito”*.

Di fatto, la pericolosità esprime uno stato di incertezza sulla sismicità futura, incertezza dovuta alle incomplete conoscenze disponibili sul processo sismogenico presumibilmente responsabile dello scuotimento atteso.

La pericolosità varia in funzione dei tempi di ritorno attesi per un fenomeno ed è estremamente elevata per fenomeni ricorrenti con tempi bassi o con fenomeni potenzialmente distruttivi: assume una notevole importanza per la predisposizione delle misure atte a mitigare l'effetto atteso sulle strutture come quelle in esame.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, che è funzione dell'assetto strutturale dell'area e della distanza dalle principali zone sismogenetiche, è necessario conoscere quali possano essere gli effetti cosismici che accompagnano l'evento naturale e, tra questi, la reazione del terreno in termini di amplificazione/smorzamento dell'onda sismica e la perdita o la modificazione delle sue caratteristiche statiche di resistenza.

In un generico sito la pericolosità di base deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

La “pericolosità di base” costituisce quindi, l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche: le sue attuali fonti di riferimento sono indicate nel seguito del presente paragrafo.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente e dalla morfologia della superficie (risposta sismica locale).

Attualmente si tende ad analizzare preventivamente un territorio al fine di discretizzarlo in areali in cui le condizioni strutturali e litostratigrafiche sono tali da far attendere un comportamento, nei confronti dell'ampiezza dell'onda sismica, omogeneo in termini di amplificazione o di smorzamento.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo a_g , ossia quella relativa al 50_{simo} percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%.

Il territorio interessato dall'impianto è localizzato in un settore a bassa pericolosità sismica tanto che la nuova mappa classificativa prevede per il suo bedrock (o suolo rigido con $V_s > 800$ m/s) la

probabilità di superamento del 10% in 50 anni di un valore convenzionale di accelerazione massima orizzontale (a_g) variabile da 0.125 a 0.150 g.

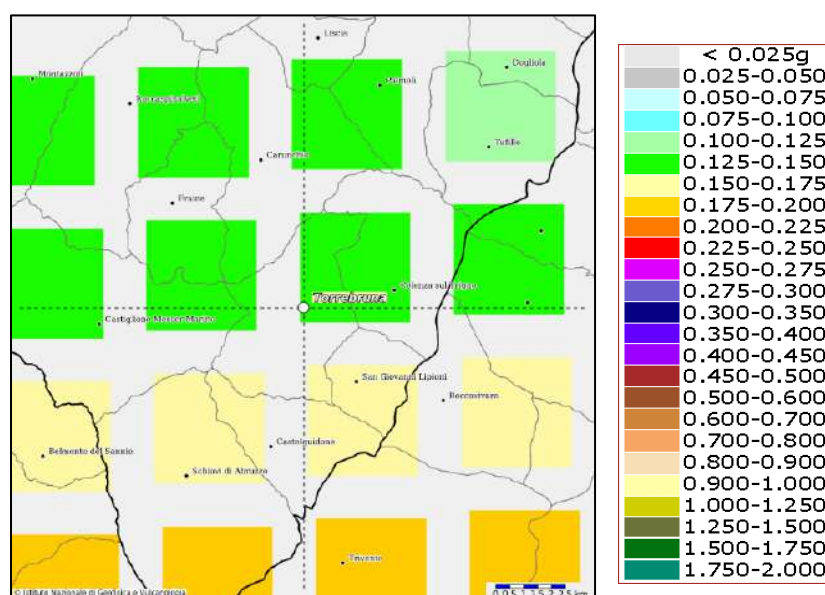


Fig.11 – Mappa di pericolosità sismica (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Nella figura seguente si riporta il grafico di disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

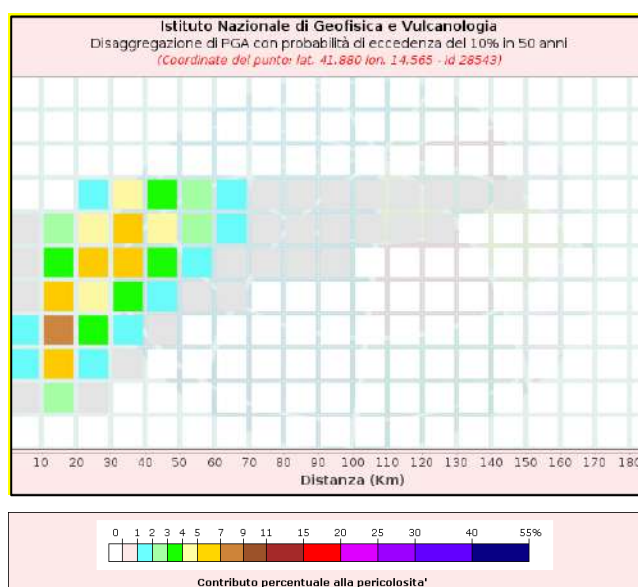


Fig.12 - Grafico di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale.

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce

il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Analogamente alla disaggregazione in MR è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in $M-R-\epsilon$ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R (BAZZURRO E CORNELL, 1999).

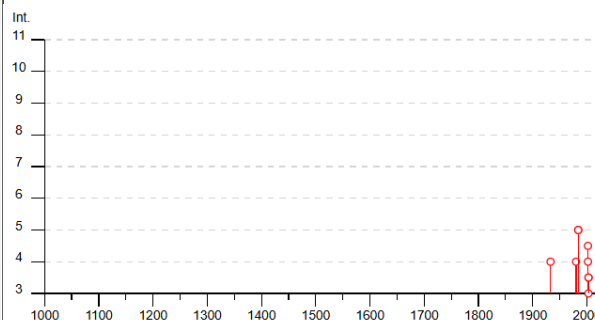
| Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.880 lon. 14.565 - id 28543) | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Distanza (Km) | Magnitudo (M_w) | | | | | | | | | | |
| | 3.5- 4.0 | 4.0- 4.5 | 4.5- 5.0 | 5.0- 5.5 | 5.5- 6.0 | 6.0- 6.5 | 6.5- 7.0 | 7.0- 7.5 | 7.5- 8.0 | 8.0- 8.5 | 8.5- 9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 0.5880 | 1.3900 | 1.0500 | 0.6420 | 0.3250 | 0.1410 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 2.2800 | 6.9900 | 7.2000 | 5.8100 | 3.8100 | 2.0700 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.0912 | 1.4400 | 3.5800 | 4.9600 | 5.1700 | 4.1200 | 1.4900 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0393 | 1.2000 | 3.6500 | 5.7500 | 6.6300 | 4.3300 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0625 | 1.2000 | 3.0100 | 4.4200 | 3.4700 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.2060 | 1.4000 | 2.7200 | 2.5200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0085 | 0.4980 | 1.4500 | 1.5300 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.1050 | 0.6450 | 0.7760 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0116 | 0.2940 | 0.4070 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.1060 | 0.1930 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0371 | 0.1040 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0090 | 0.0541 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0250 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0089 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| Valori Medi | | |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo | Distanza | Epsilon |
| 6.09 | 30.9 | 1.47 |

Fig.13 - Dati tabellari di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale, magnitudo ed epsilon

I dati di sismicità storica che riguardano il territorio interessato sono stati reperiti all'interno del Database Macrosismico Italiano 2015 (D.B.M.I.15) a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. La sismicità locale della zona risulta caratterizzata da bassa frequenza di eventi. Gli unici eventi di intensità piuttosto elevata sono stati quelli localizzati nella Maiella e nell'Irpinia che hanno mostrato intensità al sito rispettivamente di 6 e di 5, mentre non sono presenti i grandi terremoti storici dei secoli passati.

| Effetti | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|--------------------|------|-----|------|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw |
| 4 | 1933 | 09 | 26 | 03 | 33 | 2 | Maiella | 325 | 9 | 5.90 |
| 4 | 1980 | 11 | 23 | 18 | 34 | 5 | Irpinia-Basilicata | 1394 | 10 | 6.81 |
| 5 | 1984 | 05 | 07 | 17 | 50 | | Monti della Meta | 911 | 8 | 5.86 |
| 5 | 1984 | 05 | 11 | 10 | 41 | 4 | Monti della Meta | 342 | 7 | 5.47 |
| NF | 1992 | 07 | 16 | 05 | 38 | 5 | Chistino | 107 | 5-6 | 4.22 |
| NF | 1997 | 03 | 19 | 23 | 10 | 5 | Sannio-Matese | 284 | 6 | 4.52 |
| 4-5 | 2002 | 11 | 01 | 15 | 09 | 0 | Molise | 638 | 7 | 5.72 |
| 4 | 2002 | 11 | 12 | 09 | 27 | 4 | Molise | 174 | 5-6 | 4.57 |
| 3 | 2003 | 01 | 27 | 04 | 03 | 4 | Molise | 60 | 5 | 3.84 |
| 3-4 | 2003 | 06 | 01 | 15 | 45 | 1 | Molise | 501 | 5 | 4.44 |
| 3-4 | 2003 | 12 | 30 | 05 | 31 | 3 | Molise | 326 | 4-5 | 4.53 |
| NF | 2005 | 03 | 01 | 05 | 41 | 3 | Molise | 136 | 4 | 3.68 |
| NF | 2006 | 05 | 29 | 02 | 20 | 0 | Gargano | 384 | | 4.64 |



6.1 Categoria di suolo di fondazione

Il D.M. 17.01.2018 (N.T.C.) stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come definite nella tabella seguente:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (riferita al piano d'imposta delle fondazioni superficiali o alla testa dei pali).

Le prospezioni sismiche eseguite (MASW e Down Hole) nelle aree geologicamente simili hanno evidenziato una velocità delle onde S alta, che portano a classificare il sottosuolo delle aree di sedime delle fondazioni delle torri in Categoria B.

6.2 Condizioni topografiche e amplificazione topografica

Le condizioni topografiche, al pari di quelle stratigrafiche, concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale

Per condizioni topografiche semplici, si può adottare la seguente classificazione.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Le nuove torri eoliche sono posizionate sulla cresta di un rilievo caratterizzato da una cresta molto più stretta della base e, pertanto, tutte le aree di sedime dei basamenti rientrano nella **Categoria T4** che porta ad un coefficiente di amplificazione topografico S_T pari a 1.4, come riportato nella tabella seguente:

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

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

7.0 CONCLUSIONI

Il presente studio geologico, geotecnico, idrologico e sismico preliminare è stato redatto per il progetto di realizzazione di un impianto eolico nel Comune di Torrebruna CH.

Il progetto prevede l'installazione di 5 aerogeneratori, con relative piazzole, cabine di macchina, strade di accesso alle piazzole e cavidotti per veicolare l'energia prodotta alla sottostazione elettrica nel Comune di Roccaspinale.

Dal punto di vista geologico, il territorio è costituito da un complesso di sedimenti marini pelitico-fliscoidi del Terziario, rappresentati dalla Formazione di Tufillo (Selli, 1962), un flysch calcareo-marnoso, dalle Marne ad Orbulina e dal flysch di Agnone, formato da una parte pelitica con intercalati livelli di arenarie.

Le aree interessate dai nuovi aerogeneratori sono ubicate sulle zone sommitale del rilievo montuoso ubicato nelle località di Montagna e Colle Civitella, a NE di Torrebruna. Si tratta di un rilievo caratterizzato da pendenze poco accentuate, articolato e solcato dalla parte iniziale degli impluvi dei fossati affluenti al T. Trigno.

La zona è compresa nel territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ex Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, dall'esame della Carta della Pericolosità gli aerogeneratori in progetto non risultano inserite in nessuna classe di pericolosità.

Nel complesso, quindi, i siti destinati ad ospitare i nuovi aerogeneratori mostrano una pendenza generalmente inferiore a 15°, come si nota dalle allegate schede di dettaglio dove vengono riportate, per ciascuna postazione, la veduta aerea e gli stralci della Carta delle Pendenze e della Carta della Pericolosità.

Il progetto in esame prevede, inoltre, la realizzazione di un nuovo cavidotto per veicolare l'energia prodotta alla Sottostazione Elettrica ubicata nel Comune di Roccaspinale.

Il suo tracciato è stato definito in modo da percorrere principalmente la viabilità e i tracciati esistenti, con scavi a piccola profondità (1.20 m) e senza effettuare nuovi tagli sui versanti.

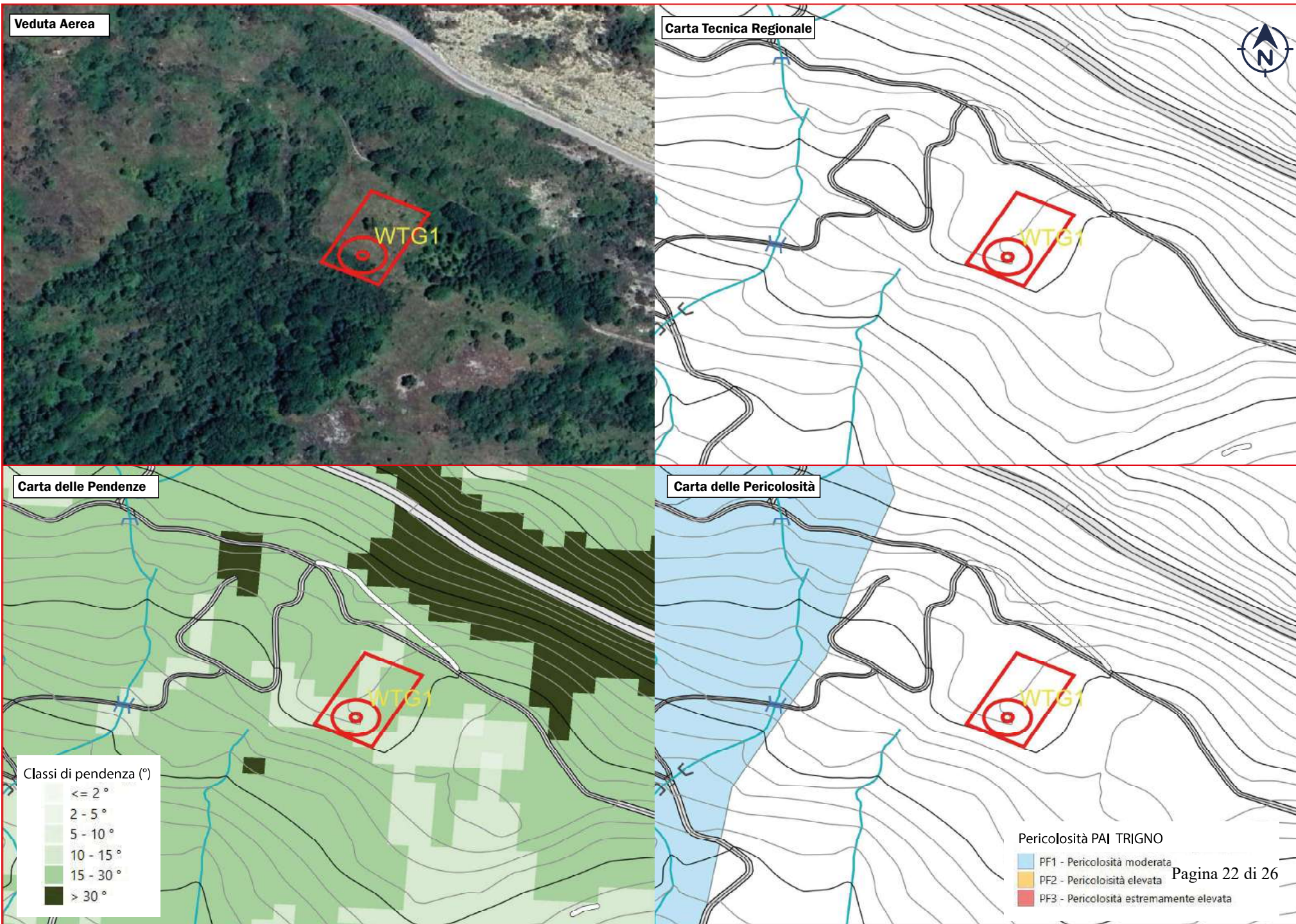
In tal modo la sua realizzazione non indurrà alcuna variazione delle condizioni idrogeologiche e di stabilità delle zone interessate, per cui non determinerà alcun incremento del livello e delle condizioni di pericolo e di rischio preesistenti.

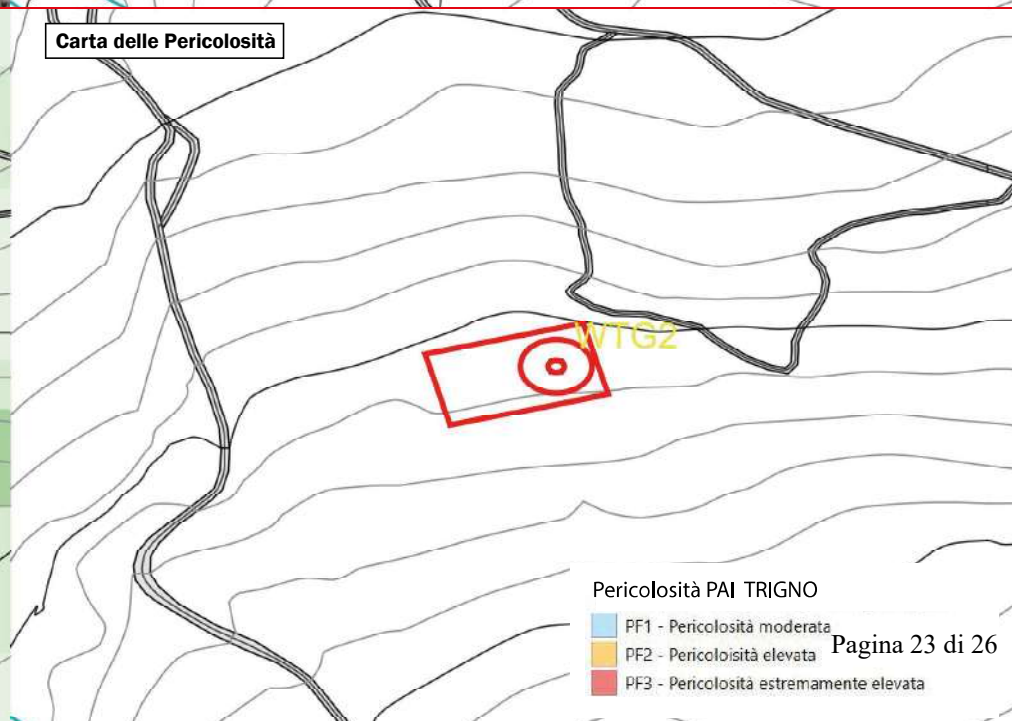
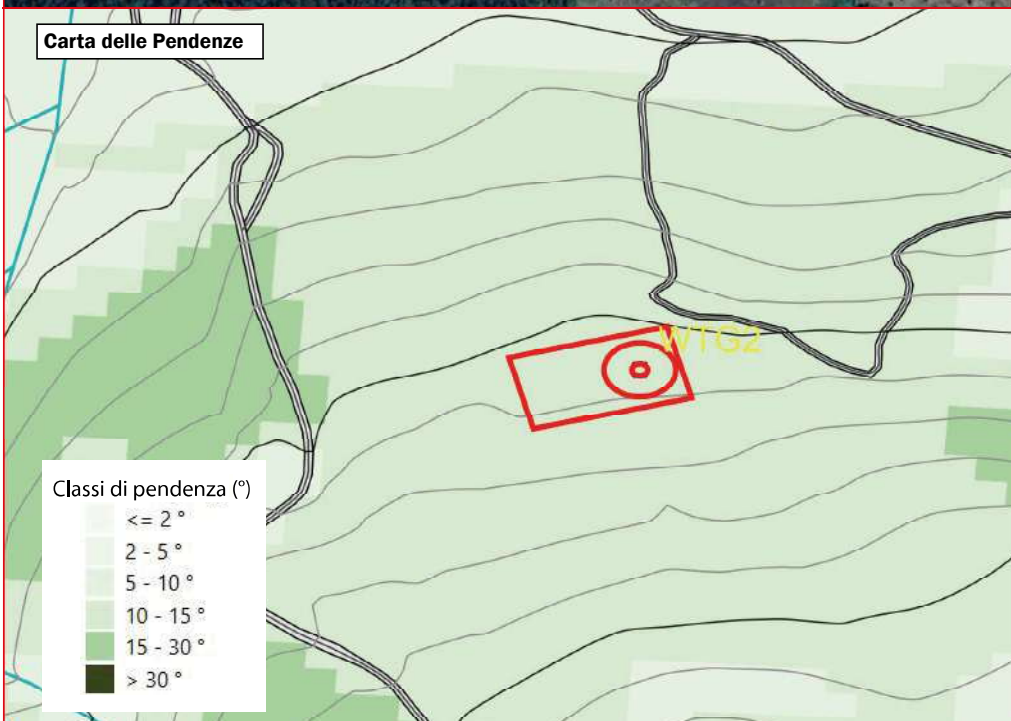
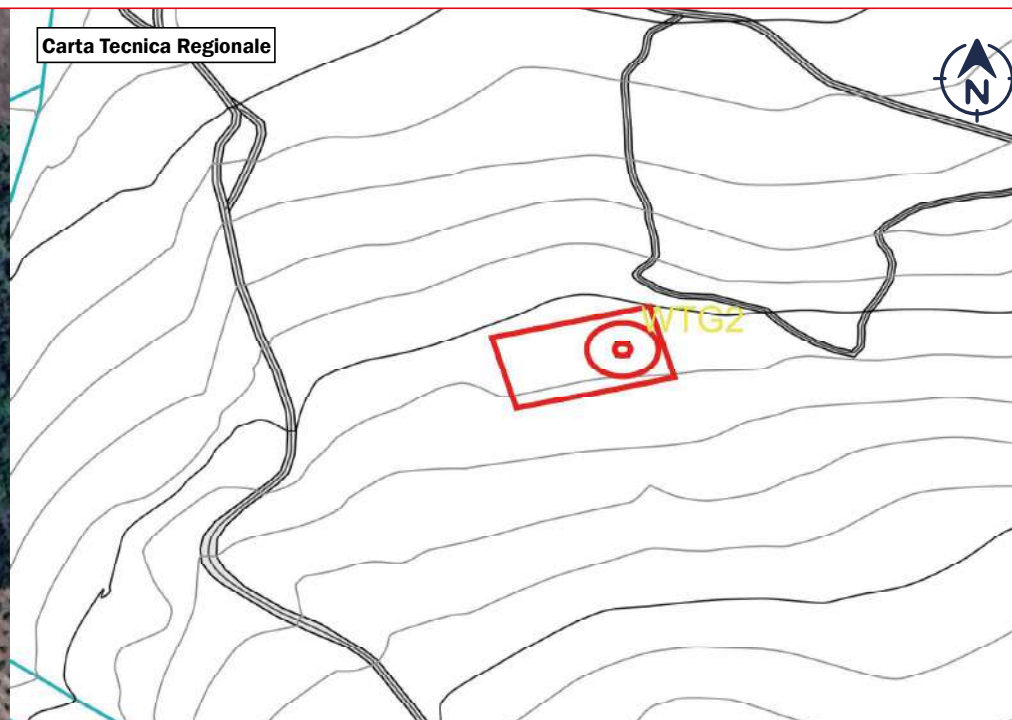
Per la progettazione esecutiva dei nuovi aerogeneratori e dei cavidotti verranno eseguite indagini geognostiche, geotecniche e sismiche puntuali mediante sondaggi a carotaggio continuo per la ricostruzione della stratigrafia di dettaglio del sottosuolo, prove geotecniche in situ e di laboratorio

per la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti e indagini sismiche per la valutazione della categoria di sottosuolo e della risposta sismica locale.

*Geol. Nicola Tullo*

SCHEDE SITI NUOVI AEROGENERATORI

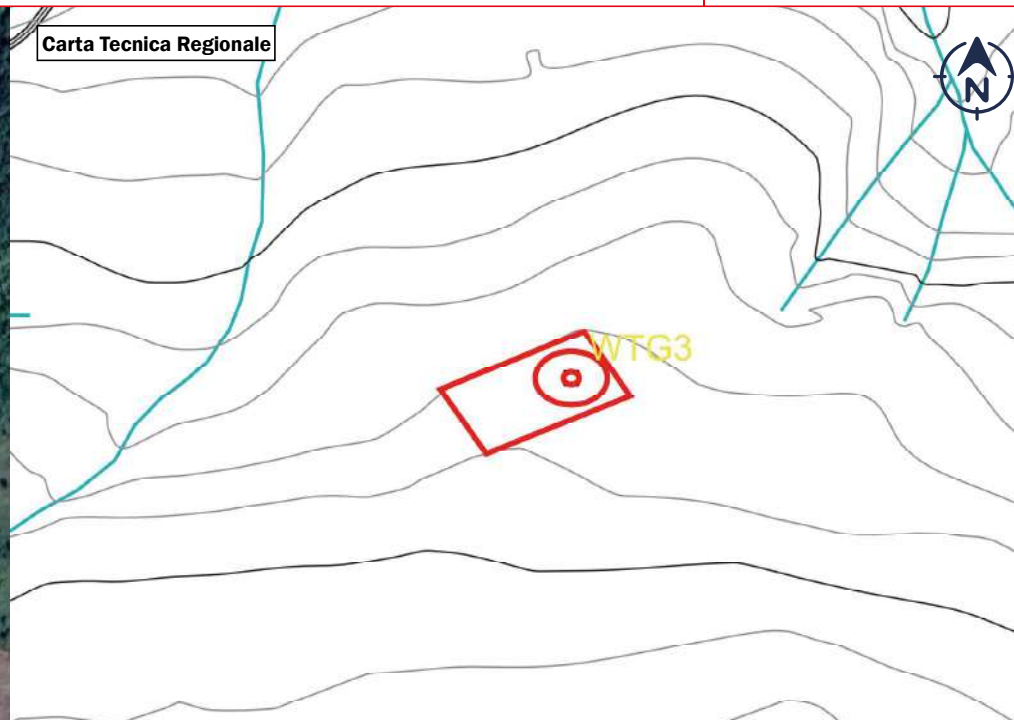




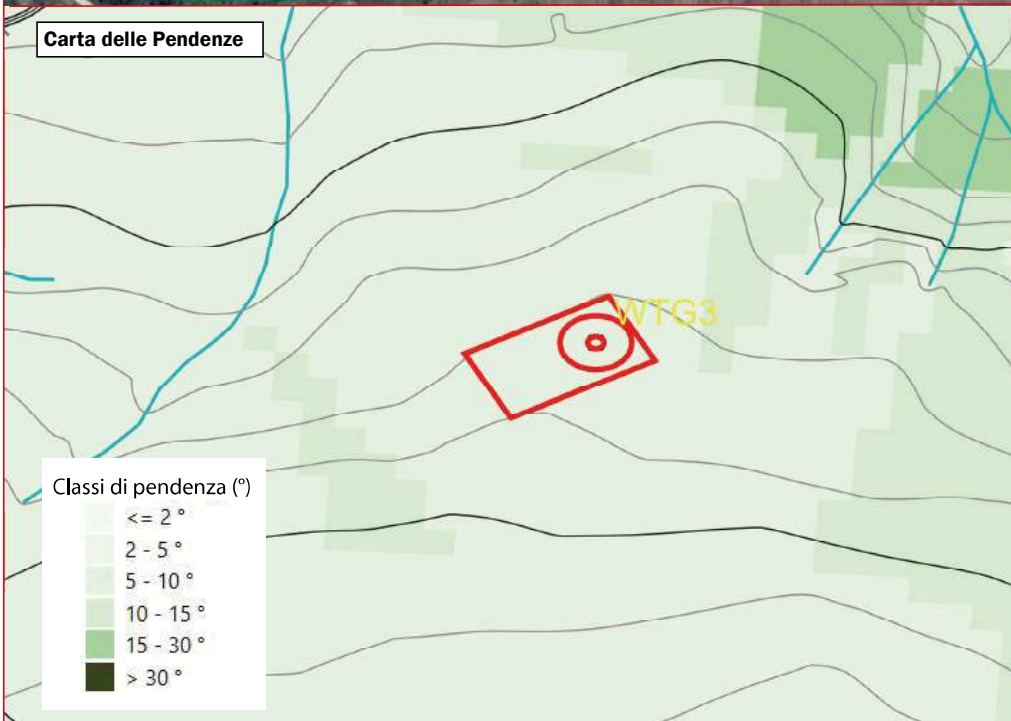
Veduta Aerea



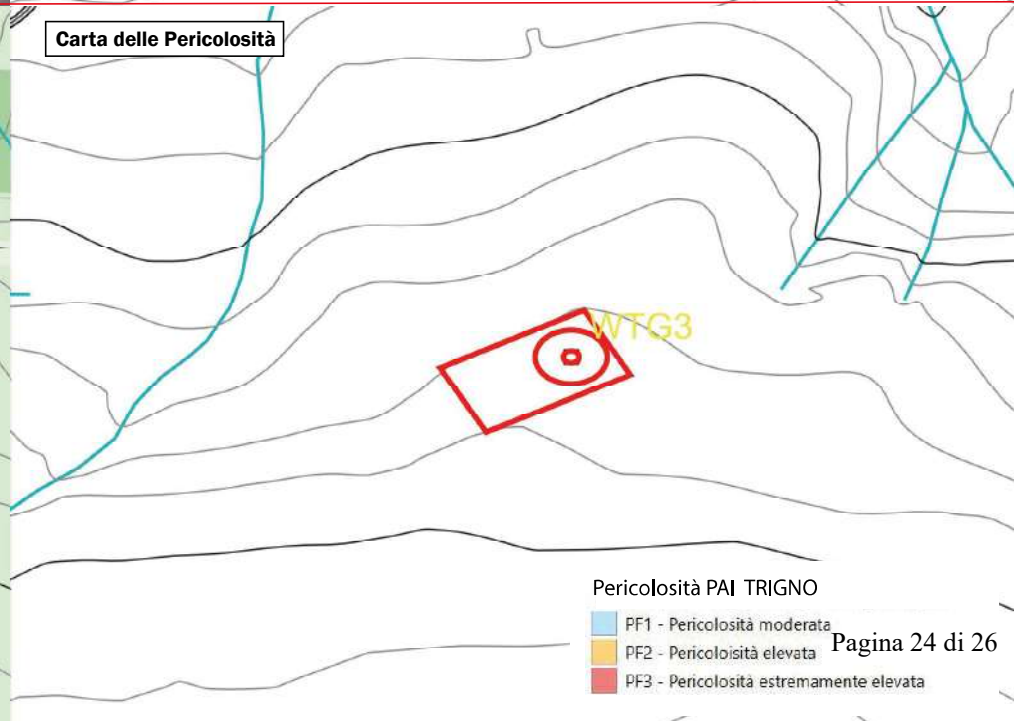
Carta Tecnica Regionale

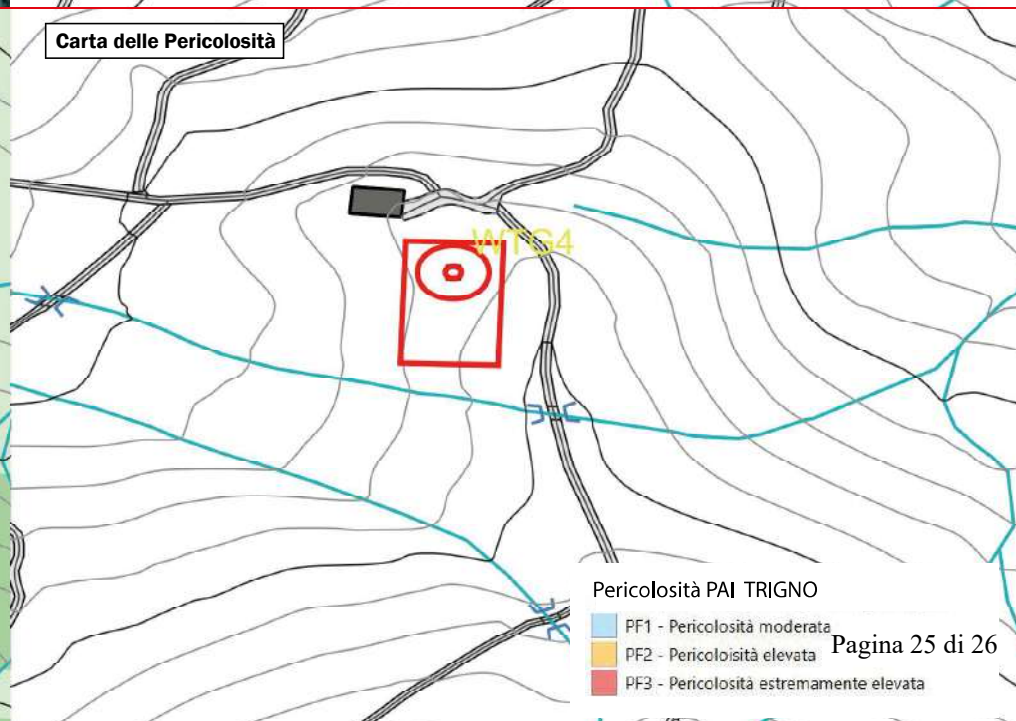
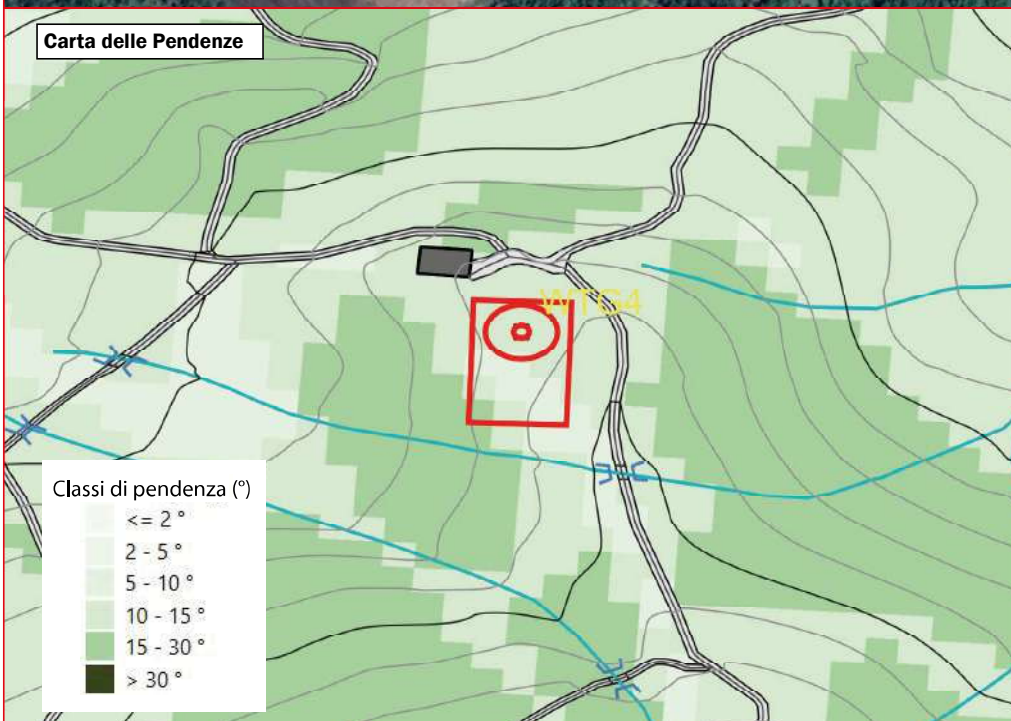
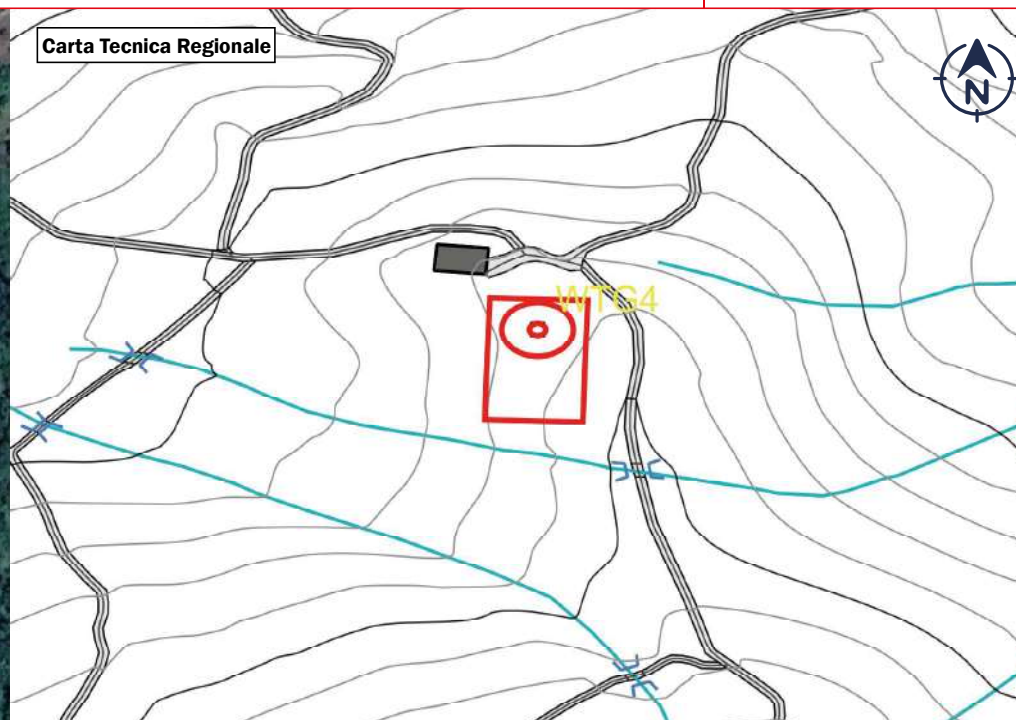


Carta delle Pendenze



Carta delle Pericolosità

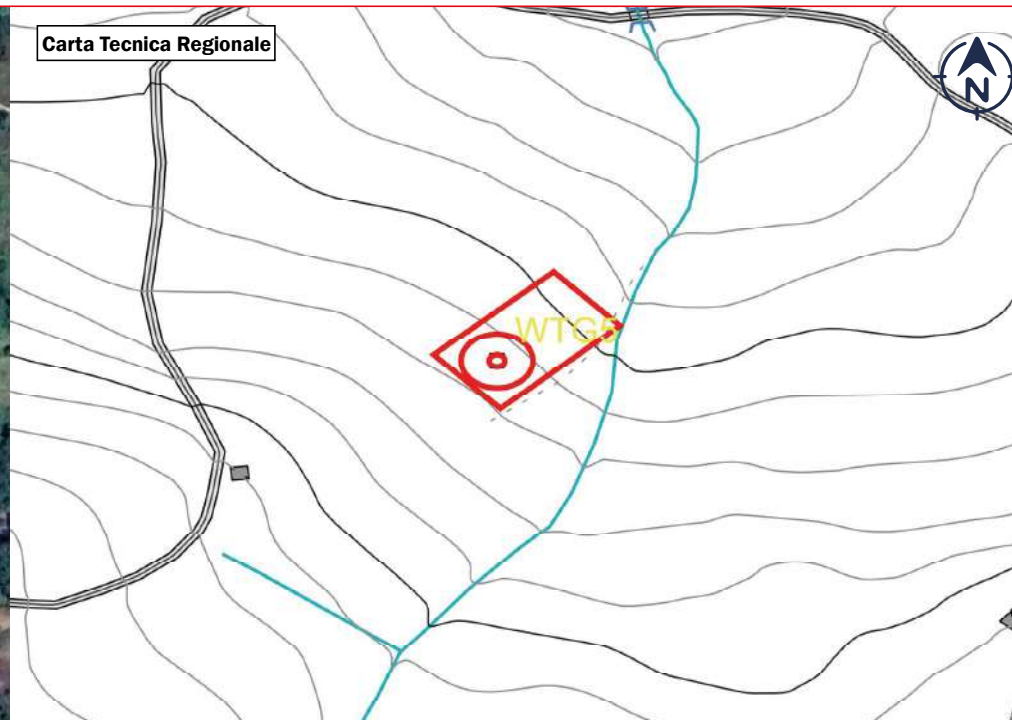




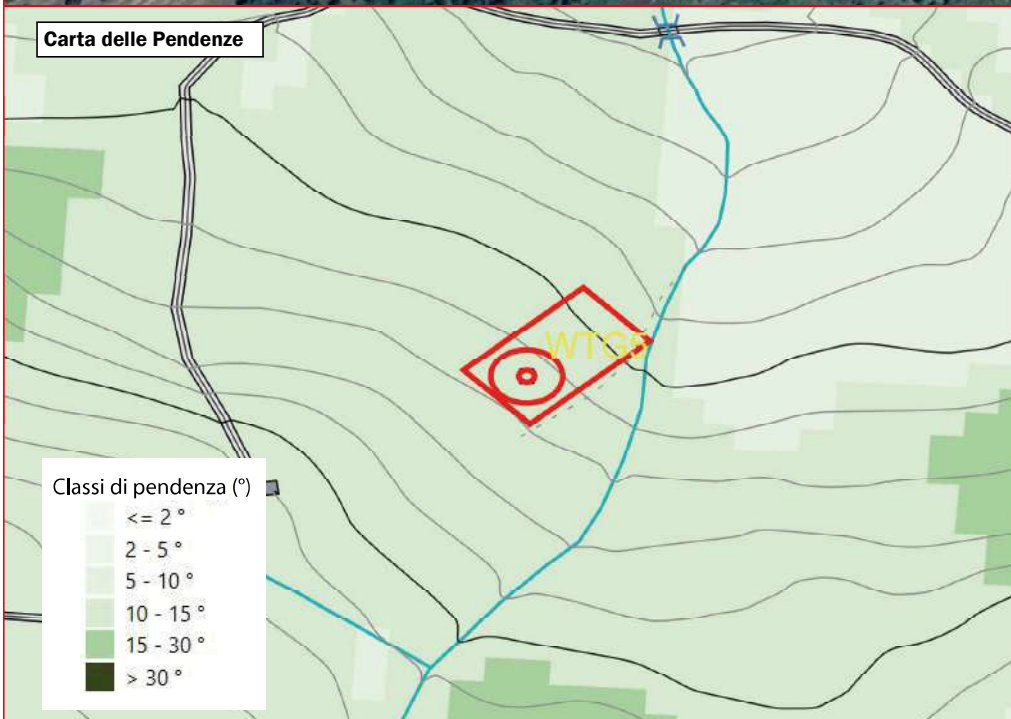
Veduta Aerea



Carta Tecnica Regionale



Carta delle Pendenze



Carta delle Pericolosità

