



Regione Emilia - Romagna
Provincia di Forlì - Cesena
Comuni di Verghereto, Bagno di Romagna e Sarsina



Impianto Eolico denominato “Monte Comero” ubicato nel comune di Verghereto (FC) costituito da 6 (sei) aerogeneratori di potenza nominale 5 MW, per un totale di 30 MW, con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Verghereto (FC), Bagno di Romagna (FC) e Sarsina (FC)

Titolo:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

Numero documento:

| Commessa | Fase | Tipo doc. | Prog. doc. | Rev. |
|-------------|------|-----------|------------|------|
| 2 2 4 3 0 9 | D | R | 0 4 1 9 | 0 0 |

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.p.A.
Piazza della Rotonda 2
00186 Roma (RM)
fri-elspa@legalmail.it
P. Iva 01652230218
Cod. Fisc. 07321020153

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Cardito, 202 | 83031 | Ariano Irpino (AV)
Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz | info@progettoenergia.biz



SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
INTEGRATED ENGINEERING SERVICES

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETÀ. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

| REVISIONI | N. | Data | Descrizione revisione | Redatto | Controllato | Approvato |
|-----------|----|------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 00 | 27.05.2024 | EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE | E. FICETOLA | D. LO RUSSO | M. LO RUSSO |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO | 3 |
| 3. PIANIFICAZIONE SETTORIALE | 6 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE | 6 |
| 4.1. GEOLOGICO E STRUTTURALE | 6 |
| 4.1.1. GEOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO | 9 |
| 4.2. GEOMORFOLOGICO | 11 |
| 4.3. IDROLOGICO | 19 |
| 4.4. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA DA NORMATIVA | 20 |
| 5. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ COL PAI | 22 |
| 6. ANALISI ALTERNATIVE LOCALIZZATIVE DELL'INTERVENTO | 22 |
| 7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LA SICUREZZA DEL TERRITORIO | 25 |
| 7.1. IMPIANTO EOLICO | 25 |
| 7.2. CAVIDOTTO MT E CAVIDOTTO AT | 25 |
| 8. STABILITÀ DELL'AREA | 26 |
| 8.1. DESCRIZIONE STATO DEI LUOGHI E INTERVENTO DI PROGETTO | 26 |
| 8.2. GENERALITÀ | 27 |
| 8.3. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA | 27 |
| 8.4. METODO DI CALCOLO | 28 |
| 8.5. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA | 30 |
| 9. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA | 31 |
| 9.1. GEOMETRIA, CARICHI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO | 31 |
| 9.2. RISULTATI ANALISI STABILITÀ IN CONDIZIONI DRENATE | 33 |
| 9.2.1. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (COMBINAZIONE SISMA) | 33 |
| 9.2.1.1. METODO DI BISHOP | 34 |
| 9.2.1.2. METODO DI JAMBU | 36 |
| 9.2.2. STATO LIMITE ULTIMO (COMBINAZIONE A2+M2+R2) | 38 |
| 9.2.2.1. METODO DI BISHOP | 39 |
| 9.2.2.2. METODO DI JAMBU | 41 |
| 9.3. RISULTATI SINTETICI | 43 |
| 10. CONCLUSIONI | 44 |
| 11. ALLEGATI | 45 |

1. PREMESSA

Il **Progetto** consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, denominato "Monte Comero", costituito da n° 6 aerogeneratori, per una potenza massima complessiva di 30 MW, nel comune di Verghereto (FC), e relative opere di connessione ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Verghereto (FC), Bagno di Romagna (FC) e Sarsina (FC), collegato alla Rete di A.T. di E-Distribuzione (C.P. Quarto di Sarsina) con uno stallo a 132 kV, ubicata nel comune di Sarsina. In particolare, con il termine "Progetto" si fa riferimento all'insieme di: Impianto Eolico, costituito da n° 6 aerogeneratori, Cavidotto MT, Stazione Elettrica d'Utenza, Impianto d'Utenza per la Connessione (cavidotto AT) ed Impianto di Rete per la connessione. Il presente documento costituisce lo Studio di Compatibilità Idrogeologica, dimostrante la compatibilità del Progetto con quanto previsto dal PAI (norme di attuazione e misure di salvaguardia) e con la sicurezza del territorio.

2. UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'Impianto Eolico, costituito da n° 6 aerogeneratori, ricade nel comune di Verghereto (FC), mentre il cavidotto M.T. attraversa i comuni di Verghereto (FC), Bagno di Romagna (FC) e Sarsina (FC), ove è ubicata la Stazione Elettrica di Utenza.

Si riporta, in figura 2, lo stralcio della corografia dell'area di impianto e si rimanda all'elaborato cartografico "224309_D_D_0220 Corografia di inquadramento", dove viene riportato l'intero progetto.

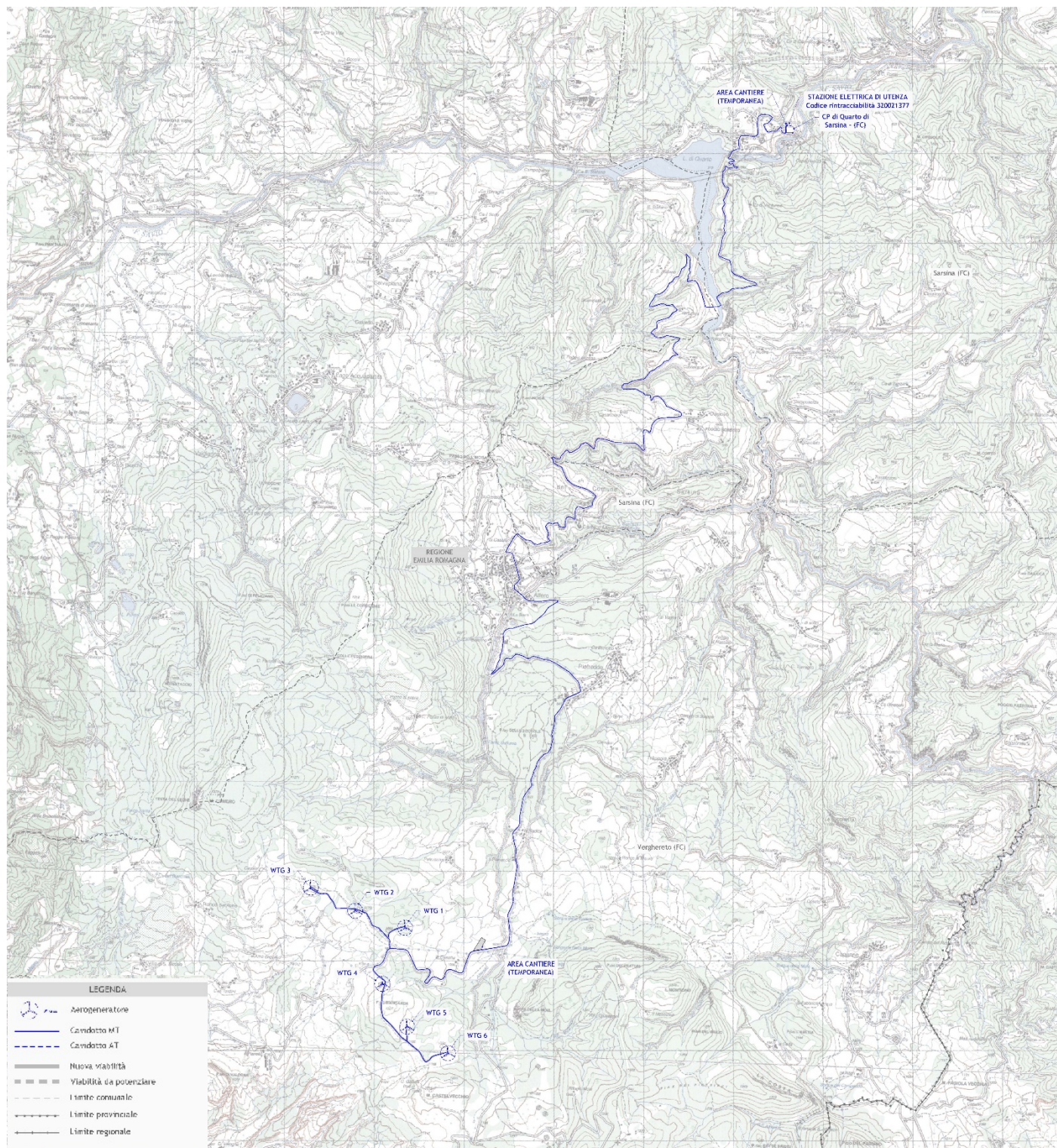


Figura 1 – Stralcio corografia d'inquadramento, fuori scala

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 5,0 MW, avente le caratteristiche principali di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro pari a 166 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;

- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/MT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio;
- altezza complessiva fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200,00 m;
- area spazzata: 21.643 m².

Nello specifico, il modello di aerogeneratore considerato è il seguente:

- MySe 5.0-166.

L'Impianto (aerogeneratori, piazzole e viabilità d'accesso), il cavidotto M.T., la Stazione Elettrica di Utenza, l'Impianto di Utenza per la Connessione e l'Impianto di Rete per la Connessione ricadono all'interno dei comuni di Verghereto (FC), Bagno di Romagna (FC) e Sarsina (FC), sulle seguenti particelle catastali:

- *Comune di Verghereto (FC): Foglio 1 particelle 40, 11, 43, 26, 42, 27, 38, 20; Foglio 2 particelle 116, 117, 104, 119, 118, 124, 121, 126, 129, 131, 130, 36, 69, 40, 35, 33, 31, 29, 24, 23, 2728; Foglio 3 particelle 178, 155, 135, 133, 132, 94, 97, 96, 73, 33, 36, 35, 37, 39, 43, 8, 15, 9, 165, 11 Foglio 4 particelle 137, 100, 315, 34, 317, 302; Foglio 5 particelle 515, 511, 517, 193, 504, 293, 38, 22, 1, 549, 232, 10; Foglio 6 particelle 1163, 721, 1057, 719, 1076, 236, 788, 240, 242, 263, 1150, 352, 384, 643, 474, 419, 479, 1046, 1181, 616; Foglio 7 particelle 1192, 1194, 1188, 1198, 1204, 1201, 1185, 1190, 1183, 171; Foglio 11 particella 142; Foglio 17 particelle 88, 102, 362, 358, 365, 311, 360, 160, 125, 297, 72, 73, 127, 120, 54, 29, 27, 275, 400, 398, 403, 405, 402; foglio 27 particelle 91, 273, 501, 522, 523, 516; Foglio 33 particelle 134, 133, 131, 71, 64, 65; Foglio 42 particelle 44, 36, 29, 28, 27, 17, 16, 325; foglio 43 particelle 79, 98, 20, 91, 92, 93, 8, 18, 19, 10, 84, 85, 90, 89, 86, 96, 95, 82, 81, 70, 35, 67, 40, 47, 46, 55, 60, 54, 66, 65, 59, 58; Foglio 44 particelle 66, 100, 63, 58, 24, 70; Foglio 53 particelle 130, 22, 91, 45, 59, 60, 61, 70; Foglio 54 particelle 43, 44, 54, 72, 73, 74, 75, 76, 138, 91, 92, 80, 140, 5, 3; Foglio 69 particella 8.*
- *Comune di Sarsina (FC): Foglio 51 particelle 282, 269, 815, 270, 266, 80, 67; Foglio 56 particelle 38, 39, 30, 54, 53, 58, 59, 523, 15, 522, 521, 520, 16, 517, 521, 516; Foglio 62 particelle 1, 59, 62, 63, 60, 64, 65, 61, 66, 52, 53, 51, 98, 73, 84, 70, 5, 6, 71; Foglio 66 particelle 40, 182, 181; Foglio 71 particelle 140, 160, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 157, 158, 154, 152, 150, 78, 342, 88, 352, 370, 177, 178, 91, 360, 92, 361, 101, 102, 82, 93, 94, 84, 85, 86, 107, 332, 331, 338, 334, 44, 43, 42, 40, 67, 272, 34, 31, 32, 28, 30, 29, 16, 3; Foglio 72, 43, 83, 28, 27, 25;*
- *Comune di Bagno Di Romagna (FC): Foglio 97 particelle 175, 364, 4, 41, 39, 69, 68, 97, 392, 96, 120, 218, 186, 220; Foglio 98 particelle 71, 63, 64, 101, 85, 58, 208, 292; Foglio 99 particelle 163, 301, 110, 109, 86, 83, 82, 277, 79, 72, 75, 269, 73, 45, 44, 315, 311, 312, 310, 309, 308, 307, 306; Foglio 100 particelle 128, 573, 636, A, 147, 222, 223, 702, 327, 234, 506, 596, 340, 315, 239, 366; Foglio 101 particelle 191, 299, 527, 668, 526, 669, 740, 605, 521, 879, 198, 158, 209, 208, 168, 210, 432, 180, 318, 129, 1005, 1033, 1032, 36, 1008, 193; Foglio 105 particelle 81, 82, 83, 71, 55, 56; Foglio 106 particelle 53, 67, 48, 49, 50, 73, 25, 86, 88, 90, 89, 27, 8, 26, 24, 5, 6, 10, 37, 12, 37, 12, 35, 36, 34; Foglio 119 particelle 489, 137, 218, 399, 140; Foglio 122 particelle 501, 15, 86, 17, 18, 502; Foglio 123 particelle 78, 215, 298, 203, 211, 55, 56, 58, 13, 180, 12, 560, 525, 521, 509, 173; Foglio 124 particelle 555, 36, 37, 39, 40, 48, 50, 52, 56, 53, 234, 237, 201, 235, 222, 117, 119, 535; Foglio 125 particella 142; Foglio 136 particelle 710, 711.*

Si riportano di seguito le coordinate in formato UTM (WGS84), con i fogli e le particelle in cui ricade la fondazione degli aerogeneratori:

| AEROGENERATORE | COORDINATE AEROGENERATORE UTM (WGS84) - FUSO 33 | | Identificativo catastale | | |
|----------------|---|-------------|--------------------------|--------|------------|
| | Long. E [m] | Lat. N [m] | Comune | Foglio | Particella |
| WTG 01 | 262.276,0 | 4.855.173,0 | Verghereto (FC) | 43 | 19 |
| WTG 02 | 261.721,0 | 4.855.363,0 | Verghereto (FC) | 33 | 134 |
| WTG 03 | 261.225,0 | 4.855.621,0 | Verghereto (FC) | 42 | 325 |
| WTG 04 | 262.024,0 | 4.854.547,0 | Verghereto (FC) | 53 | 91 |
| WTG 05 | 262.299,0 | 4.854.070,0 | Verghereto (FC) | 43 | 66 |
| WTG 06 | 262.756,0 | 4.853.773,0 | Verghereto (FC) | 54 | 80 |

3. PIANIFICAZIONE SETTORIALE

L'approvazione del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", ha modificato l'impianto organizzativo ed istituzionale della legge 183/1989 prevedendo, all'art. 63, la soppressione delle Autorità di Bacino previste dalla legge 183/1989 sostituendole con le Autorità di bacino distrettuale. Con l'entrata in vigore il D.M. 25 ottobre 2016, sono state soppresse le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali, e tutte le relative funzioni sono state trasferite alle Autorità di bacino distrettuali.

Le Autorità di bacino interregionali del fiume Reno e del Marecchia-Conca e l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli confluiscono pertanto nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po.

L'area interessata dal Progetto ricade nell'ambito di competenza dell'ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli; il quale comprende i bacini idrografici dei fiumi che sfociano nella costa ravennate e forlivese: Lamone, Fiumi Uniti (Montone e Ronco), Bevano, Savio, Rubicone e Pisciatello, nonché le aree di pianura intercluse tra i loro corsi arginati drenati dal reticolo di bonifica, interessando territori delle province di Ravenna, Forlì-Cesena e Firenze.

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dei Bacini Regionali Romagnoli, che affronta in maniera organica per tutto il territorio di competenza le tematiche del rischio idraulico e del dissesto dei versanti, è stato approvato dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2003 (DGR 350/2003).

La versione del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico a cui si farà riferimento per la verifica di compatibilità del Progetto, contiene gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016), che costituisce l'ultimo aggiornamento disponibile.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

Il presente capitolo riporta una descrizione semplificata e riassuntiva di quanto approfondito nell'ambito della Relazione geologica, a cui si rimanda: 224309_D_R_0405 Relazione geologica e geotecnica.

4.1. GEOLOGICO E STRUTTURALE

Al fine di una più immediata comprensione dei caratteri litologici delle unità geologiche affioranti nel territorio studiato, è stato effettuato un inquadramento geologico-strutturale preliminare a scala regionale.

In particolare l'area in esame è ubicata all'interno del foglio geologico 266 della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 denominato "Mercato Saraceno".

Il Foglio 266 "Mercato Saraceno" ricade nel settore centrale del versante padano-adriatico dell'Appennino Settentrionale ed è compreso nelle province di Forlì Cesena (Emilia Romagna) e Pesaro Urbino (Marche) e, in minima parte, nella provincia di Arezzo (Toscana).

Il Foglio 266-Mercato Saraceno è rappresentativo della parte esterna della catena dell'Appennino Settentrionale: in quest'area si riconoscono due principali insiemi strutturali, rappresentativi di successioni appartenenti a domini paleogeografici distinti, ossia:

- *l'insieme della "Successione pre-evaporitica umbro-marchigiano-romagnola" e della "Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico" in posizione sostanzialmente autoctona, depostesi in un intervallo di tempo esteso, rispettivamente, dal Burdigaliano superiore al Messiniano inferiore e dal Messiniano superiore al Pliocene;*
- *la "Coltre della Val Marecchia" in posizione alloctona, costituita da una successione cretacico-terziaria intensamente deformata (Unità Liguri) e da una sovrastante successione eocenico-miocenica-?pliocenica p.p. meno deformata (Successione epiligure).*

Sulla base dei rapporti con la Coltre della Val Marecchia, l'insieme autoctono (Successione pre-evaporitica umbro-marchigiano-romagnola e Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico) può essere suddiviso in:

- *una successione "paleoautoctona" rappresentata da unità litostratigrafiche deposte precedentemente alla strutturazione della Coltre della Val Marecchia*
- *una successione costituita da unità litostratigrafiche deposte al di sopra della Coltre della Val Marecchia, la quale è ulteriormente suddivisibile in una parte interna "paraautoctona", depostasi negli stadi finali della messa in posto della coltre alloctona e che quindi ha subito traslazioni rispetto alla successione paleoautoctona, e una successione "neoautoctona" più esterna, solo blandamente deformata.*

Le unità della coltre della Val Marecchia possono essere suddivise in unità che hanno subito importanti traslazioni ("alloctono", cioè le unità Liguridi s.s.) e quelle deposte sulle unità alloctone mentre queste si andavano deformando ("semialloctono", cioè la successione Epiligure s.s.).

La successione paleoautoctona è costituita da formazioni sottostanti la coltre alloctona, di età compresa tra il Burdigaliano sup. ed il Pliocene inferiore (Zona a Globorotalia punctulata). La successione neoautoctona (post-coltre) è invece formata da depositi del Pliocene inferiore-medio (Zona a G. pCARGuncticulata e Zona a G. aemiliana).

La parte più interna della Successione pre-evaporitica umbro-marchigiano-romagnola, costituita dalla Formazione Marnoso-Arenacea burdigaliano-serravalliana, corrispondente allo stadio più interno dell'avanfossa romagnola ("Inner stage" di RICCI LUCCHI, 1975, 1981), è scollata dal suo substrato e considerata da alcuni autori (TEN HAAF & VAN WAMEL, 1979; VAN WAMEL & ZWART, 1990; DE FEYTER et alii, 1986; DE FEYTER, 1991) come un'unità sovrascorsa sulla Formazione Marnoso-Arenacea di età tortoniano-messiniana, corrispondente al riempimento dell'avanfossa tardo-miocenica o esterna ("Outer stage" di RICCI LUCCHI, 1976, 1981).

Il complesso alloctono comprende le formazioni liguri di età compresa tra il Cretacico e l'Eocene medio, tipicamente costituite da sedimenti bacinali profondi con elementi di rocce derivate da crosta e mantello oceanico, provenienti dai settori più interni dell'orogene, mentre il complesso semialloctono è costituito da termini formazionali di età compresa tra l'Eocene medio-superiore ed il Messiniano superiore – Pliocene basale, che poggiano in discordanza angolare sulle formazioni liguri.

Il complesso alloctono della Coltre della Val Marecchia costituisce un lembo "isolato" di formazioni derivate dal Dominio Ligure, delimitato a nord ed a sud da successioni autoctone. Come già accennato, sono oggetto di dibattito le modalità di messa in posto della Coltre della Val Marecchia ed i suoi rapporti sia con le Unità Liguri dell'Appennino Settentrionale, sia con i depositi della Successione umbro-marchigiano-romagnola.

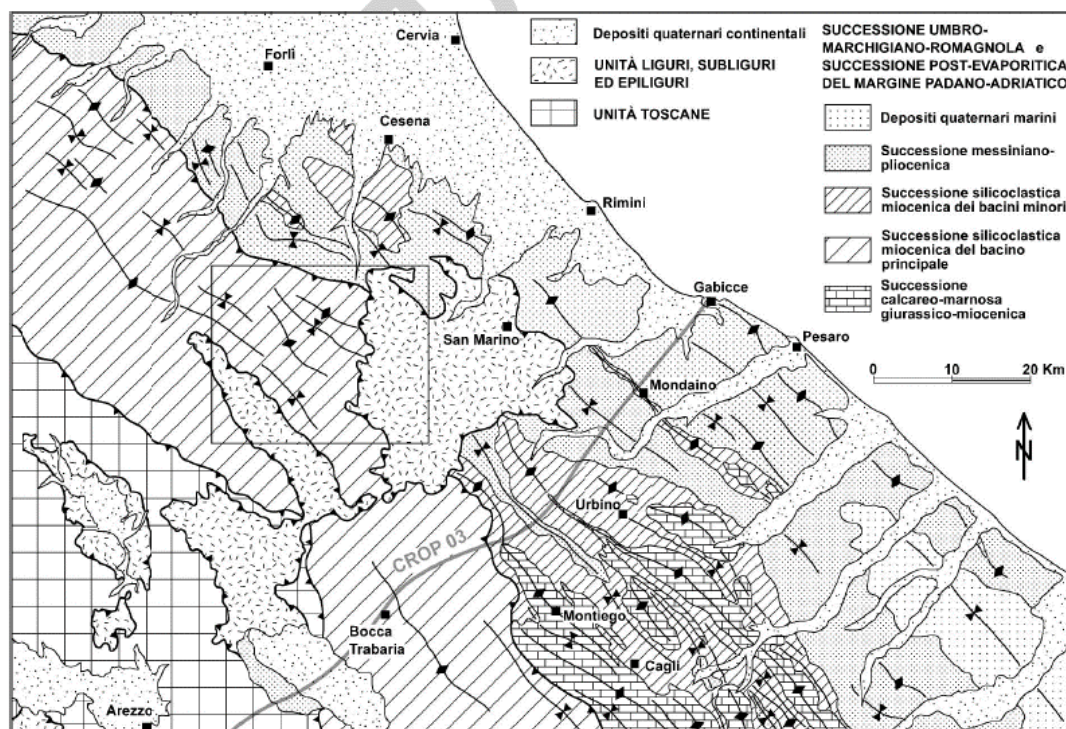


Figura 2 – Schema tettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo. Il rettangolo indica l'ubicazione del Foglio 266 – Mercato Saraceno. L'area in esame appartiene alle unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri

Alla luce di quanto esposto le unità geologiche presenti nel Foglio possono essere raggruppate in cinque grandi insiemi:

- - *Successione pre-evaporitica umbro-marchigiano-romagnola*
- - *Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico*
- - *Unità Liguri*
- - *Successione Epiliguri*
- - *Depositi continentali quaternari.*

In particolare le aree di sedime che ospiteranno i futuri aerogeneratori appartengono alle unità Liguri, mentre le opere connesse e le infrastrutture indispensabili appartengono ai depositi quaternari e alle unità epiliguri e alla successione pre-evaporitiche umbro-marchigiano-romagnola e alla successione post-evaporitica del margine padano-adriatico.

La Successione pre-evaporitica umbro-marchigiano-romagnola è costituita prevalentemente dalle torbiditi di avansfossa della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (Burdigaliano superiore-Messiniano inferiore), che passano al tetto a depositi prevalentemente pelitici, marne di età prevalentemente tortoniana nella parte più interna (Marne di S. Paolo o Marne di Verghereto p.p. *Auctt.*), di età messiniana inferiore verso il margine appenninico (Formazione dei Ghioli di letto) ed a depositi fini di ambiente anossico (Tripoli e marne tripolacee) del Messiniano inferiore.

La Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico ha inizio nel Messiniano superiore con la deposizione della Formazione di tetto, costituita prevalentemente da depositi risedimentati, derivanti dallo smantellamento gravitativo delle evaporiti messiniane (in ROVERI et alii, 2006 cum bibl.), la quale evolve poi nei depositi di transizione e di lago-mare della Formazione a Colombacci, costituita da argille e argille marnoso-siltose grigie e grigio-scure con intercalati strati carbonatici biancastri sottili e medi in cui in continuità stratigrafica sulla Formazione a Colombacci si trovano delle marne biancastre ricchissime in fossili,

caratterizzate dalla presenza di Sphaeroidinellopsis (Marne di Cella, CEA), e successivamente le argille e marne della formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Le Unità Liguri e la Successione Epiligure, formano le falde alloctone, già note in letteratura come "Coltre (o colata) della val Marecchia" e "colata di S. Piero in Bagno" (RUGGIERI, 1958), e ricoprono la Successione umbro-marchigiano-romagnola e la porzione inferiore della Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico. Esse affiorano estesamente nel quadrante sud-occidentale, nella sinclinale di S. Piero in Bagno (colata di S. Piero in Bagno), e nella parte orientale del foglio (Coltre alloctona della Val Marecchia).

I terreni ad affinità ligure sono riferibili all'Unità tettonica Morello. Si tratta in prevalenza di argilliti policrome foliate, di età cretacico-paleogenica, riferibili alle Argille Varicolori, o alla Formazione di Villa a Radda Auctt., di peliti grigie e varicolori con torbiditi marnoso-calcaree riferibili alla Formazione di Sillano del Cretacico superiore-Eocene inferiore, e di torbiditi calcareo-marnose dell'Eocene inferiore-medio riferibili alla Formazione di Monte Morello.

Infine, sono presenti i depositi ghiaiosi e sabbiosi alluvionali del Pleistocene superiore-Olocene, che sormontano tramite una forte truncatura erosiva, tutti i termini sottostanti.

4.1.1. GEOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO

Dalla disamina della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio 266 (Mercato Saraceno) e dal rilevamento geologico eseguito in fase di sopralluogo, si evince che l'intero parco eolico e le relative opere connesse attraversano una serie di formazioni geologiche delle quali di seguito si descrivono le caratteristiche principali e a quali elementi del parco corrispondono:

Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio 266 (Mercato Saraceno)

(SIL) – (Cretacico Inf. – Eocene Medio) – Formazione di Sillano – (Porzione di cavidotto – Aerogeneratori WTG 01 – WTG 02 – WTG 04 – WTG 05).

La Formazione di Sillano è caratterizzata, nell'area in oggetto, da un'alternanza di strati di spessore da decimetrico a metrico di peliti grigie e calcari grigio-verdastri. Le peliti possono talvolta essere policrome, specialmente nella parte basale della formazione dove diventano predominanti rispetto ai calcari. Localmente sono presenti marne calcaree rosate. La porzione carbonatica è rappresentata da calcareniti torbiditiche a grana fine, calcilutiti in strati da medi a spessi e calcari marnosi con colori che vanno dal grigio al verdastro, ma che spesso possono assumere colore nocciola chiaro.

(a1q) – (Pleistocene Superiore-Olocene) – Depositi di frana senza indizi di evoluzione – (Porzione di cavidotto – Aerogeneratore WTG 03 – WTG 06).

Trattasi di depositi incoerenti a composizione eterogenea e granulometria eterometrica, con assetto caotico costituiti essenzialmente da litotipi stratificati, costituiti da alternanze di livelli litoidi con livelli pelitici o marnosi.

(Porzione di cavidotto)

(a1) – (Pleistocene Superiore-Olocene) – Depositi di frana in evoluzione

Trattasi di depositi incoerenti a composizione eterogenea e granulometria eterometrica, con assetto caotico costituiti essenzialmente da litotipi stratificati, costituiti da alternanze di livelli litoidi con livelli pelitici o marnosi.

(a) – (Pleistocene Superiore-Olocene) – Depositi di versante

I depositi di versante (a) sono costituiti da materiale incoerente, eterogeneo ed eterometrico, costituiti da depositi angolosi e sub-angolosi e possono presentare clasti immersi in matrice (generalmente sabbioso-limoso) o a diretto contatto tra loro.

(AVR) – (Cretacico inferiore – Eocene medio) – Argille varicolori

Le argille varicolori sono costituite da argilliti policrome, variabili da un colore rosso, a verde, a grigio scuro, talora ocraceo con intercalazioni di livelli discontinui di calcareniti, calcilutiti biancastre e grigie o verdastre, areniti fini brune, siltiti di colore marrone scuro-rossastro e marne grigio-avana.

(COOc) – (Eocene medio-superiore) – Formazione di Monte Comero – Litofacies arenaceo-calcareo-marnosa

Arenarie quarzoso-feldspatiche gradate, conglomeratiche alla base e talora sino a metà strato; strati da molto spessi a medi e sottili; il colore è grigio-beige, giallastro se alterate, con alla base strati arenacei e calcareo-marnosi biancastri o gialli in spessori da medi a sottili.

(MVS) – (Eocene medio-superiore) – Complesso della Valle del Savio

Argilliti, talora marnose, grigie e varicolorate, foliate, litologicamente assai simili alle Argille Varicolori liguri e da brecce a matrice argillosa varicolorata inglobante inclusi litologicamente eterogenei (calcareniti, calcilutiti, siltiti, diaspri, marne e arenarie).

(FMA9) – (Miocene) – Formazione Marnoso-Arenacea – Membro della Civitella

Tale Formazione è costituita da ripetute sequenze torbiditiche di strati bipartiti arenaria-pelite, con intercalazioni di emipelagiti marnose. Essa rappresenta il riempimento dell'avanfossa miocenica del Dominio umbro-marchigiano-romagnolo.

È costituito da torbiditi pelitico-arenacee e rare emipelagiti con rapporto arenaria/pelite generalmente compreso tra 1/2 e 1/5 in cui si intercalano intervalli sia più pelitici, sia più arenacei.

(AES) – (Olocene) – Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore – Unità di Modena

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale con depositi fluviali in evoluzione.

(Porzione di cavidotto – S.E. di Utenza – C.P. di Quarto di Sarsina)**(AES) – (Olocene) – Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore – Unità di Modena**

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale con depositi fluviali in evoluzione.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 con ubicazione del parco eolico in esame.

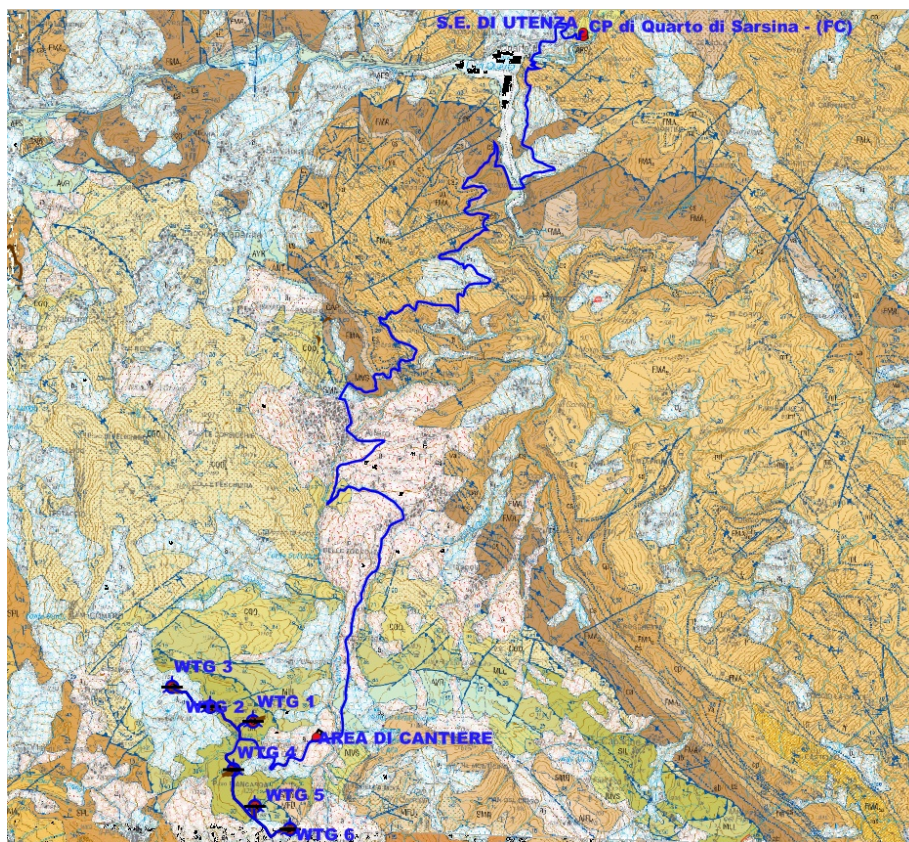


Figura 3 – Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio 266 Mercato Saraceno con ubicazione del parco eolico in esame – fuori scala

Infine, dalla consultazione della carta geologica in scala 1:10.000 redatta dalla regione Emilia – Romagna è emerso che:

- **gli aerogeneratori WTG 01 – 02 – 03 – 04 e 05** sono ubicati su depositi argillosi intensamente tettonizzati, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione.
- **L'aerogeneratore WTG 06** è ubicato su depositi rocciosi costituiti da alternanze con livelli lapidei prevalenti, ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti.
- **La stazione elettrica di utenza e la cabina primaria di Quarto di Sarsina** sono ubicati su ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici.

In allegato si riporta lo stralcio della carta geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.

4.2. GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, il principale elemento che contraddistingue il sito in esame è senza dubbio rappresentato dalla superficie di sovrapposizione a basso angolo che mette a contatto la coltre alloctona ligure ed epiligure o Coltre della Val Marecchia (CVM), sui depositi della successione umbro-marchigiano-romagnola nella parte meridionale del foglio e sulla successione post-evaporitica del margine padano-adriatico in quella settentrionale.

L'assetto strutturale della coltre è caratterizzato da un insieme di scaglie embriciate di forma sigmoide (horse), delimitate da superfici listriche immergenti a sud-ovest (vedi anche in DE FEYTER, 1991 ed in CONTI, 2002), tra le quali spicca, per caratteristiche litostratigrafiche e per il diverso stile strutturale, la potente successione flyschoidale calcareo-marnosa.

L'analisi dei rapporti stratigrafico-strutturali all'interno dell'area studiata, ha permesso di definire l'assetto e l'evoluzione stratigrafico-strutturale delle unità affioranti ed i rapporti tra tettonica e sedimentazione intercorsi tra le unità alloctone e semialloctone della Coltre della Val Marecchia e quelle paleoautoctone e neoautoctone della Successione umbro-marchigiano-romagnola e della Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico durante l'intervallo Miocene-Pliocene.

Esistono sostanzialmente, come già accennato, due principali modelli evolutivi che riguardano la Coltre della Val Marecchia, essi si basano sulla distinzione e sulla natura del meccanismo di formazione della Coltre stessa.

Il primo modello considera la gravità come principale causa di evoluzione, dove la CVM si sarebbe strutturata attraverso una serie di processi gravitativi di corpi lenticolari, paragonabili ad enormi flussi o colate massive (MERLA, 1951; SELLI, 1967; TEN HAAF & VAN WAMEL, 1979; REUTTER et alii, 1980; VENERI, 1986; DE FEYTER et alii, 1986; VAN DEN BERG, 1990; DE FEYTER, 1991). Dalle

dinamiche di messa in posto, dipendono conseguentemente la geometria interna dei corpi e dai rapporti con la sottostante successione paleoautoctona.

Il secondo modello lega la messa in posto della CVM esclusivamente a processi tettonici che hanno portato all'evoluzione dell'Appennino Settentrionale, collegando la formazione di bacini epiliguri direttamente alla deformazione del fronte appenninico (CONTI, 1989, 1994; 2002; CONTI & GELMINI, 1995; CONTI & TOSATTI, 1996; CERRINA FERONI et alii, 2002a).

L'area in esame ove sorgeranno gli aerogeneratori si contraddistingue per il carattere marcatamente montuoso, con boschi e foreste, pareti rocciose verticali, i cui maggiori contrasti di acclività si osservano dove i litotipi resistenti e/o cementati (ad esempio i calcari della Formazione di San Marino o le arenarie della Formazione di Monte Comero) si giustappongono ai mélanges argillitici.

Gli aerogeneratori verranno realizzati nel territorio comunale di Verghereto (FC), lungo un allineamento orientato in direzione nord ovest che collega Monte Castelvechio (1254 m s.l.m.) a Monte Comero (1372 m s.l.m.). Tali settori sono attraversati da alcuni sentieri e da una viabilità sterrata.

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi affioranti.

Infatti, la diversa natura dei litotipi affioranti nell'area presa in esame, si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni, per cui la topografia presenta un andamento piuttosto variabile con cambiamenti di pendenze nel raggio di centinaia di metri.

Dall'esame del rilevamento geomorfologico eseguito sono state valutate attentamente le caratteristiche morfoevolutive caratteristiche di ciascuna area che ospiterà i futuri aerogeneratori.

L'aerogeneratore WTG 01 si colloca ad una quota di 1179 m s.l.m. lungo un crinale roccioso che si sviluppa in direzione nord est verso il Fosso del Prete.

Dalla consultazione della Banca dati geologica della Regione Emilia Romagna, in scala 1:10.000 – Categoria Frane, Depositi di Versante e Depositi alluvionali, si evince che l'aerogeneratore in esame si colloca in prossimità di un'area interessata da movimenti gravitativi di tipo "complesso" allo stato attivo che coinvolgono l'intero versante a sud dell'area in esame.

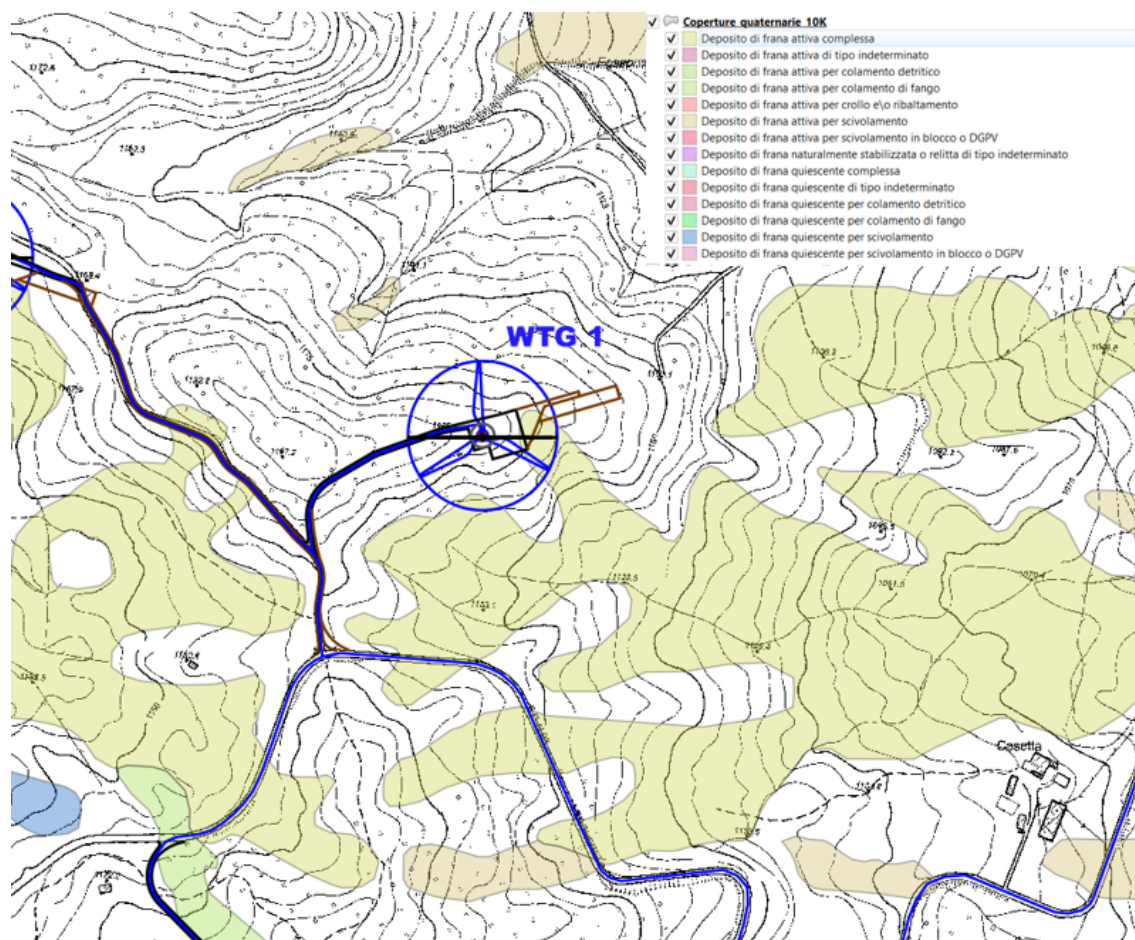


Figura 4 – Aerogeneratore WTG 01 ubicato a margine di un'area interessata da movimenti gravitativi di tipo complesso allo stato attivo

Gli aerogeneratori WTG02 e WTG 03 sono ubicati nella porzione settentrionale del versante "I Prati", il quale si caratterizza per la presenza di litologie per lo più coesive, costituite da argille limose e argilliti tettonizzate, dissecate da una serie di incisioni torrentizie che defluiscono in direzione sud ovest alimentando il "Fosso del Pianello".

Dalla consultazione della Banca dati geologica della Regione Emilia Romagna, in scala 1:10.000 – Categoria Frane, Depositi di Versante e Depositi alluvionali, si evince che l'aerogeneratore WTG 02 è ubicato a margine di un'area interessata da movimenti gravitativi di tipo "complesso" allo stato attivo, caratterizzata da una duplice combinazione di fenomeni come gli scivolamenti accompagnati da colamenti di depositi coesivi e/o detritici.

Mentre l'aerogeneratore WTG 03 è collocato all'interno di un'area interessata da movimenti gravitativi di tipo "colamento", allo stato quiescente.

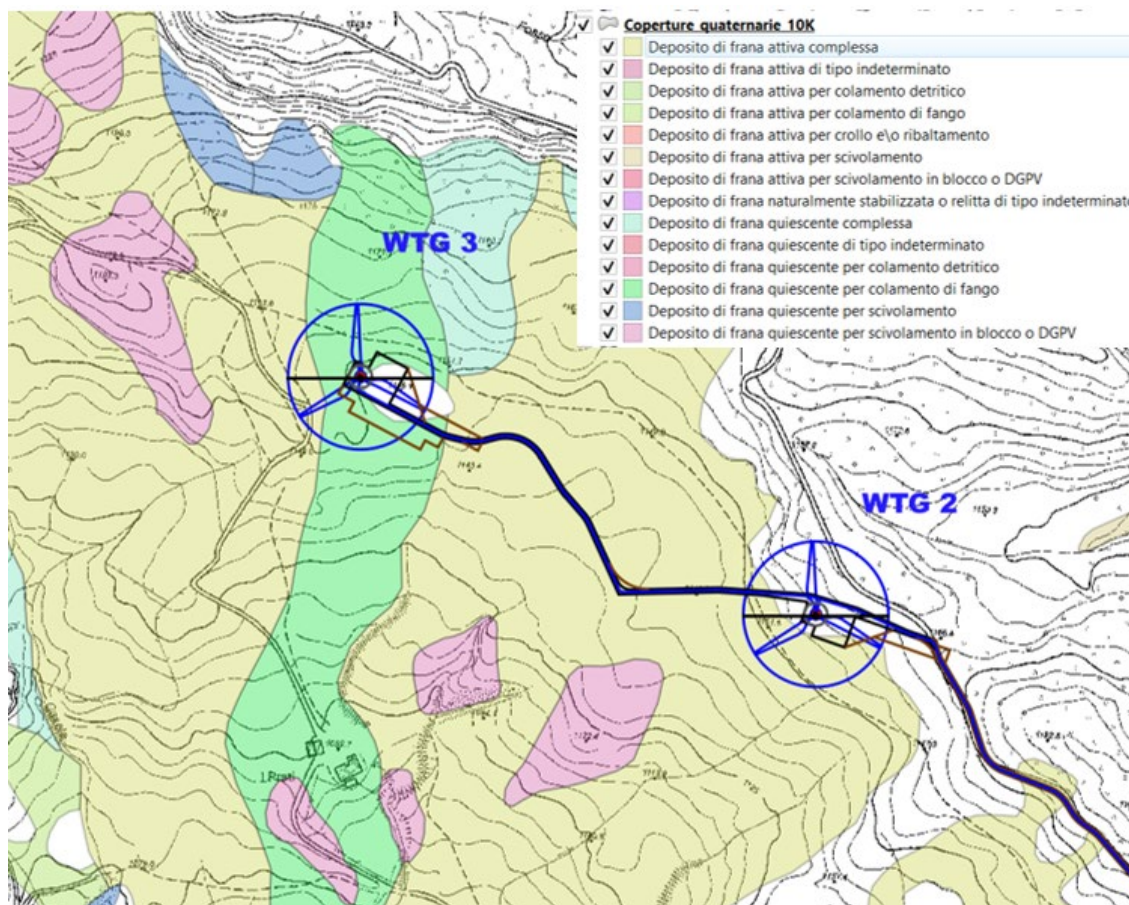


Figura 5 – Aerogeneratori WTG 02 e WTG 03 – Evidenze geomorfologiche

L'aerogeneratore WTG 04 è ubicato lungo il versante Nord del rilievo "Poggio Biancarda", ad una quota di circa 1197,50 m sul livello del mare; tale versante si contraddistingue per le pendenze accentuate e per la presenza di un'area caratterizzata da movimenti gravitativi di tipo "colamento" allo stato attivo, presente nelle vicinanze dell'area di sedime che ospiterà il suddetto aerogeneratore.

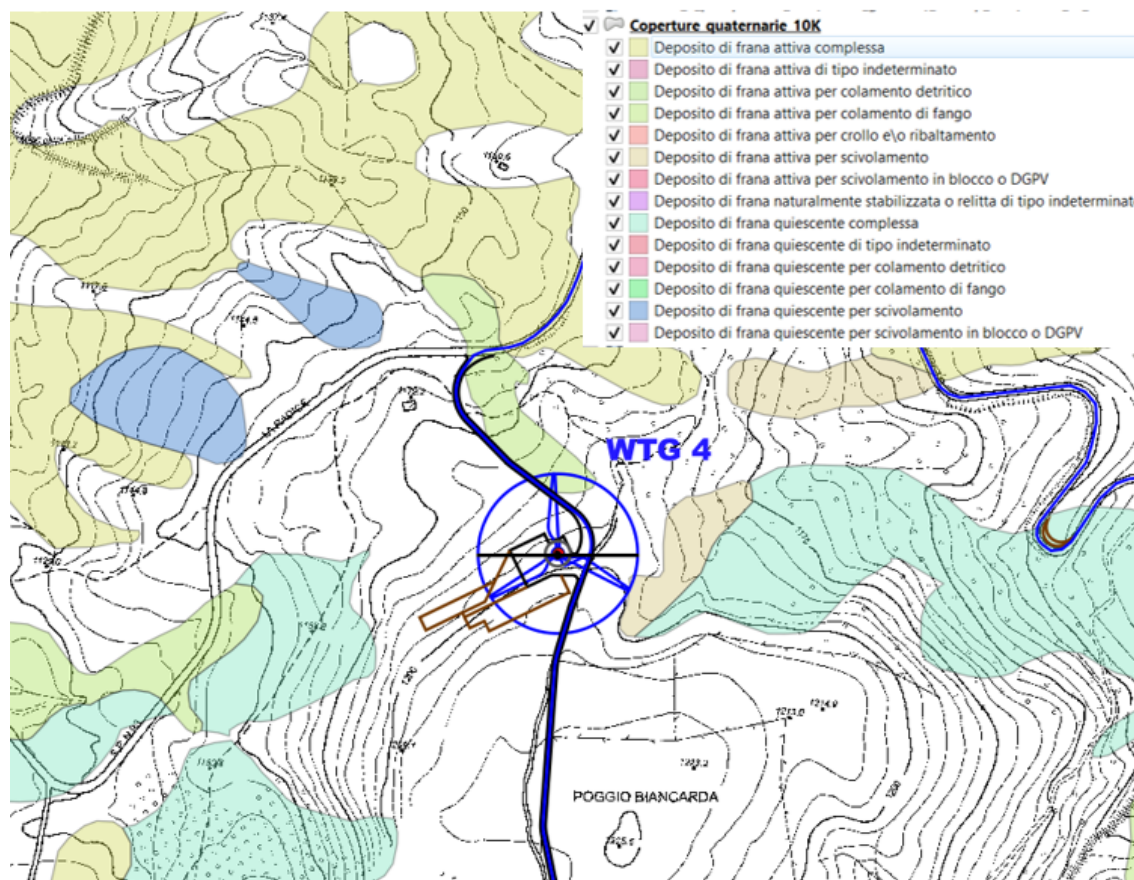


Figura 6 – Aerogeneratore WTG 04 a margine di un'area caratterizzata da movimenti gravitativi di tipo "colamento" allo stato attivo

L'aerogeneratore WTG 05 è ubicato nella parte terminale del versante sud orientale del rilievo "Poggio Biancarda" ad una quota di 1179,50 m s.l.m.

L'area di sedime che ospiterà il suddetto aerogeneratore attualmente si presenta stabile e si caratterizza per le pendenze accentuate e per la presenza, nelle vicinanze, di un'area interessata da movimenti gravitativi per scivolamento allo stato quiescente, che interessa i depositi coesivi delle argille varicolori.

Infine l'aerogeneratore WTG 06 è ubicato lungo un versante con pendenze dell'ordine dei 8-9° e si colloca ad una quota di 1170,50 m s.l.m. in prossimità un'area interessata da movimenti gravitativi di tipo complesso, allo stato quiescente, costituiti da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito.

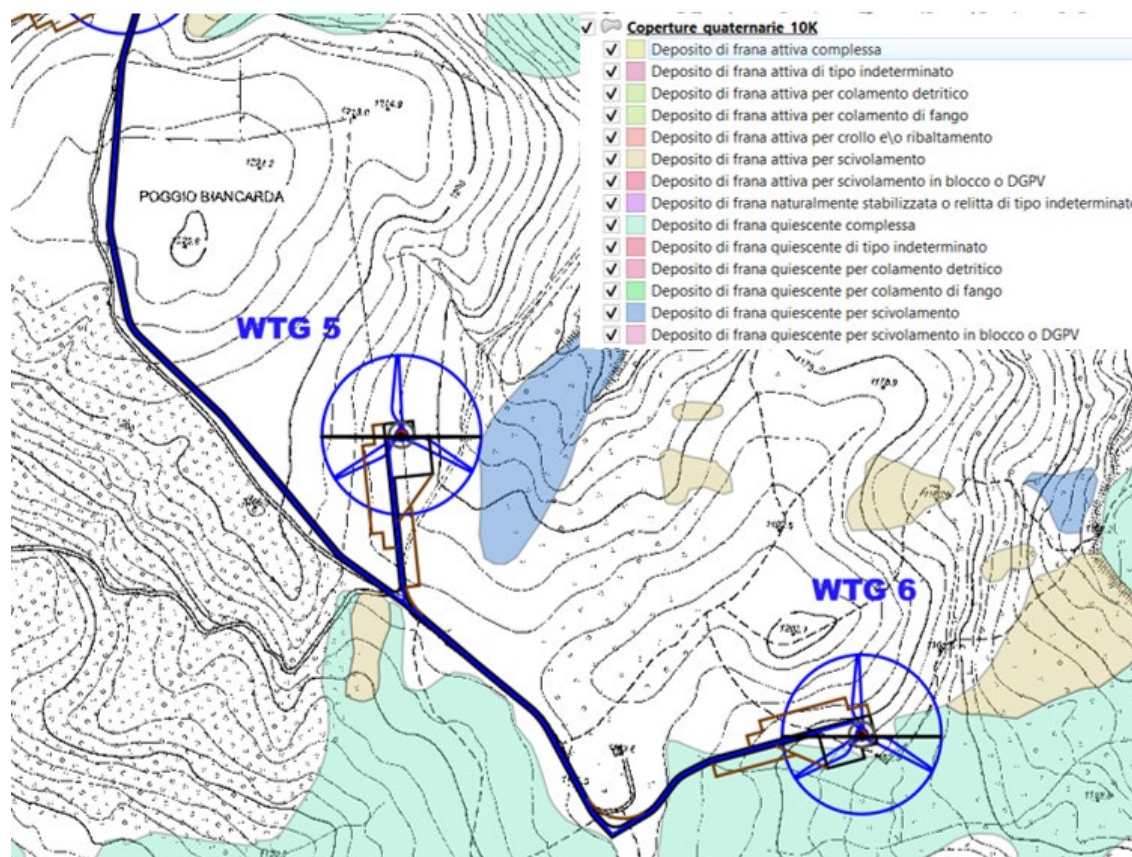


Figura 7 – Aerogeneratori WTG 05 – WTG 06

Per quanto riguarda il percorso del cavidotto si sottolinea che esso si sviluppa a partire dalla stazione elettrica di Quarto Sarsina (FC), procedendo in direzione sud attraversando il fiume Savio e la diga di Quarto, percorrendo forme tra le più svariate condizionate sia dall'assetto geologico-strutturale, sia dal grado di erodibilità dei litotipi affioranti.

In particolare, il tratto di cavidotto compreso tra le località Versaiola, Donicilio e Alfero, si caratterizza per la notevole pendenza dei versanti e per una morfologia marcata da erosioni torrentizie ad andamento all'incirca rettilineo a breve sviluppo lineare, di cui tipica forma di erosione individuabile è quella dei calanchi.



Figura 8 – Morfologie calanchive lungo il percorso del cavidotto di progetto

Successivamente il cavidotto si imposta lungo il crinale del Poggio alle Zoccole, in destra orografica del torrente Alferello, per poi attraversarlo in direzione sud ovest sino a congiungersi con gli aerogeneratori in progetto.

Dalla consultazione della Banca dati geologica della Regione Emilia Romagna, in scala 1:10.000 – Categoria Frane, Depositi di Versante e Depositi alluvionali, si evince che il cavidotto di progetto attraversa una serie di aree cartografate come zone interessate da depositi di frana attiva di tipo complesso, depositi di frana quiescente per movimenti di scivolamento e colamento, depositi di frana attiva per fenomeni di colamento e scivolamento e depositi di frana di tipo complesso allo stato quiescente.

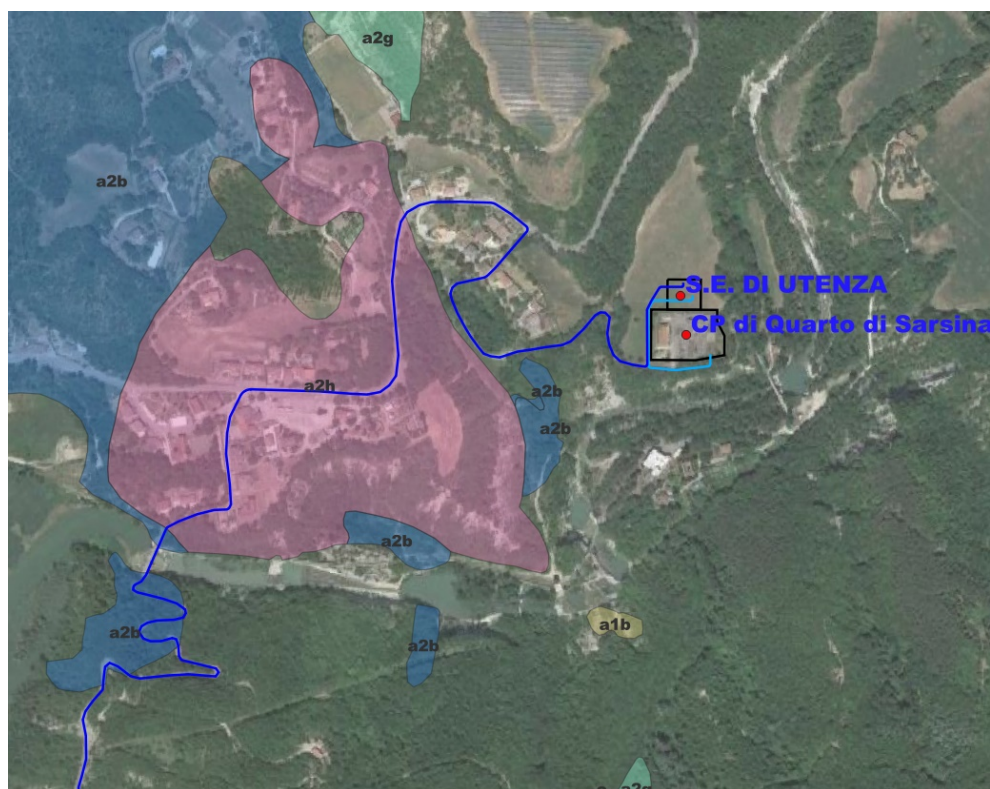


Figura 9 – Cavidotto di progetto con individuazione aree interessate da depositi di frana quiescenti e attivi

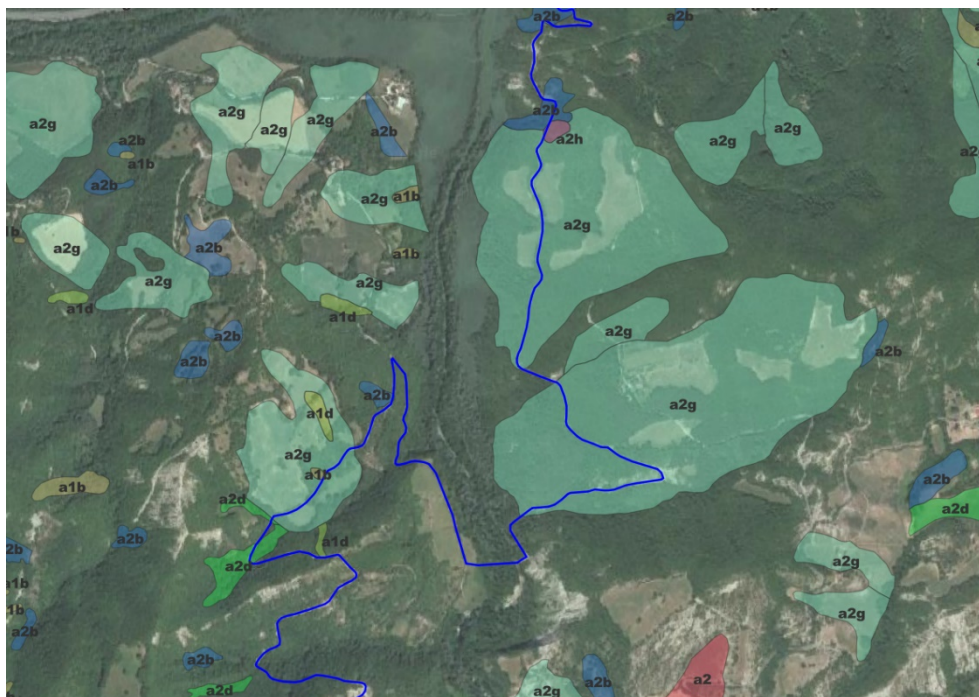


Figura 10 – Caviddotto di progetto con individuazione aree interessate da depositi di frana quiescenti e attivi



Figura 11 – Caviddotto di progetto con individuazione aree interessate da depositi di frana quiescenti e attivi



Figura 12 – Cavidotto di progetto con individuazione aree interessate da depositi di frana quiescenti e attivi

- ✓ **Coperture quaternarie 10K**
- ✓ **a1g** Deposito di frana attiva complessa
 - ✓ **a1** Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
 - ✓ **a1e** Deposito di frana attiva per colamento detritico
 - ✓ **a1d** Deposito di frana attiva per colamento di fango
 - ✓ **a1a** Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento
 - ✓ **a1b** Deposito di frana attiva per scivolamento
 - ✓ **a1h** Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV
 - ✓ **a2g** Deposito di frana quiescente complessa
 - ✓ **a2** Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
 - ✓ **a2e** Deposito di frana quiescente per colamento detritico
 - ✓ **a2d** Deposito di frana quiescente per colamento di fango
 - ✓ **a2b** Deposito di frana quiescente per scivolamento
 - ✓ **a2h** Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

Figura 13 – Legenda aree interessate da depositi di frana quiescenti e attivi

4.3. IDROLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, i complessi idrogeologici caratteristici dell'area di sedime che ospiterà gli aerogeneratori in esame sono quelli rappresentati dal "complesso delle argille varicolori", con intercalazioni di calcari grigio-verdastri presenti sottoforma di strati e banchi e dal "complesso flyscioide" costituito da ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti.

Entrambi i complessi sono caratterizzati da una permeabilità medio bassa e impediscono la formazione di un deflusso sotterraneo unitario, rendendo generalmente possibile solo una modesta circolazione idrica, prevalentemente nella coltre di alterazione superficiale.

Solo in alcuni intervalli, caratterizzati dalla presenza di termini litoidi, si può manifestare una circolazione relativamente più profonda e cospicua.

Inoltre, l'articolato assetto litologico - strutturale ed idrogeologico determina una circolazione idrica di tipo complesso con zone ad alta permeabilità, poste in corrispondenza degli strati litoidi fratturati, e zone del tutto impermeabili nei termini argillosi. Questo determina sia la saturazione dei terreni argillosi che si trovano a contatto con i termini litoidi che delle sovrappressioni interstiziali

con conseguente diminuzione delle caratteristiche meccaniche delle argille che, in condizioni di pendio, possono determinare l'innescio di scorrimenti e colate.

4.4. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA DA NORMATIVA

Gli stralci cartografici dell'ex Autorità di Bacino, considerati al fine della verifica di compatibilità del Progetto in esame, sono i seguenti:

- stralcio delle aree a rischio idrogeologico dell'Autorità dei bacini Regionali Romagnoli;

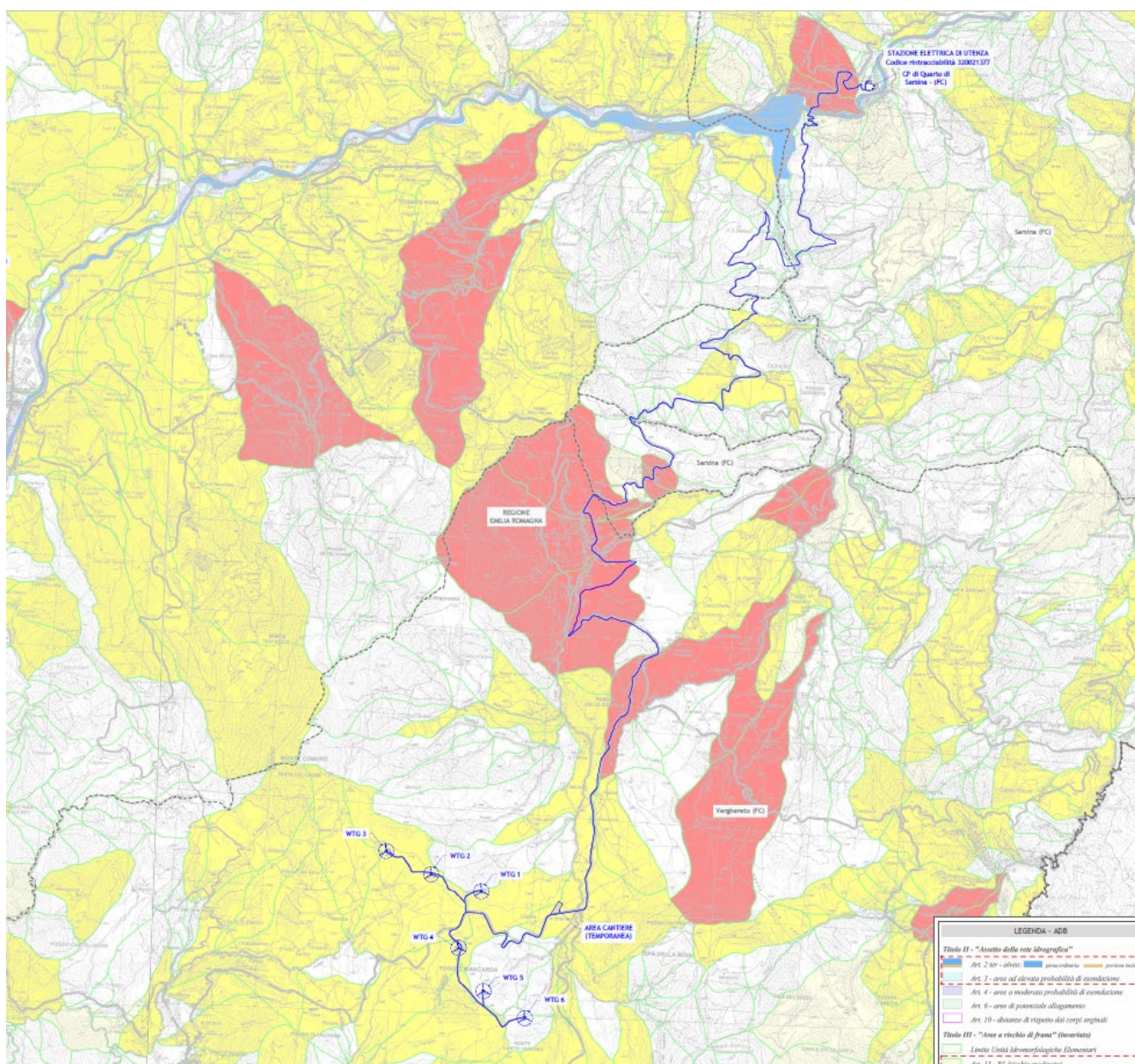


Figura 14 – Stralcio ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Per una maggiore chiarezza di lettura, si rimanda all'elaborato grafico:

224309_D_D_0232 Screening dei vincoli – A.D.B.

Pericolosità da frana e da valanga

Dall'analisi svolta emerge quanto di seguito riportato:

- gli aerogeneratori WTG 1, WTG 2, WTG 3 e WTG 4 ricadono in *Area a rischio frana – R2 (rischio medio)*;
- il Cavidotto MT, lungo il suo percorso, interessa *Area a rischio frana – R1 (rischio moderato) - R2 (rischio medio) - R4 (rischio molto elevato), Aree ad elevata probabilità di esondazione e la piena ordinaria del Fiume Savio*;
- la Stazione Elettrica di Utenza, l'Impianto di utenza per la connessione e l'Impianto di rete per la connessione non interessano aree a rischio idrogeologico;
- Alcuni tratti di nuova viabilità e viabilità esistente da potenziare interessano *Area a rischio frana – R2 (rischio medio)*.

L'Autorità di Bacino provvede a verificare lo stato di pericolosità e di rischio nelle aree classificate a rischio molto elevato – R4 ed elevato R3 e a perimetrare e normare le aree ove il rischio sussiste, andando ad indicare gli interventi consentiti.

Per le *Aree a rischio frana R2 – medio*, ove ricadono n°4 aerogeneratori, come riportato all'art.13 delle Norme del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, la verifica di eventuali rischi assoluti viene demandata ai Comuni.

Dall'analisi cartografica dell'elaborato "B3 – Carta del dissesto e della vulnerabilità territoriale" del PSC del comune di Verghereto, si evince che gli aerogeneratori non interessano aree a rischio di frana. L'aerogeneratore WTG 3 ricade in *Aree interessate da frane quiescenti*.

Il Cavidotto MT, che attraversa le aree a rischio frana, sarà posato principalmente al di sotto della viabilità esistente tramite tecniche non invasive. Gli interventi previsti per la nuova viabilità e per il potenziamento di quella esistente, si evidenzia, che riguardano (ove possibile in base all'orografia e alla natura del terreno) un tracciato stradale già esistente da adeguare.

Dalla relazione geologica e geotecnica (224309_D_R_0405) emerge che vista la morfologia e la strutturazione geologica dell'area di studio, si può asserire che questi offrono sufficienti garanzie ai fini della loro utilizzazione e quindi non emergono controindicazioni circa la fattibilità dell'intervento previsto.

5. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ COL PAI

Dalla distribuzione areale e dalla notevole estensione territoriale delle opere in progetto è emerso che il futuro parco eolico attraversa i territori di competenza dell' autorità di Bacino dell'Emilia Romagna.

Le aree a pericolosità geomorfologiche individuate dal PAI sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di rischio in:

- Aree a rischio moderato – R1
- Aree a rischio medio R2
- Aree a rischio alto R3
- Aree a rischio molto elevato R4

Di seguito si riporta una tabella esplicativa riportante le tipologie di rischio dell'autorità di Bacino competente, che attraversano le opere in progetto.

| AUTORITA' DI BACINO DELL'EMILIA ROMAGNA | |
|--|---------------------------------|
| | |
| TIPOLOGIA DI OPERA DA REALIZZARE | TIPOLOGIA DI RISCHIO |
| | |
| Aerogeneratori WTG 01-02-03-04- porzione di cavidotto | <i>Rischio medio R2</i> |
| Porzione di cavidotto | <i>Rischio moderato R1</i> |
| Porzione di cavidotto | <i>Rischio molto elevato R4</i> |

Tabella esplicativa Autorità di Bacino Emilia Romagna

6. ANALISI ALTERNATIVE LOCALIZZATIVE DELL'INTERVENTO

Il progetto in esame, si pone l'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonte eolica sfruttando siti privi di caratteristiche naturali di rilievo, in un'area ad urbanizzazione poco diffusa, nell'auspicio di ridurre le numerose problematiche legate alla interazione tra le torri eoliche e l'ambiente circostante, ed allo stesso tempo in un'area già servita da una buona viabilità secondaria e principale al fine di ridurre al minimo il consumo di suolo.

L'impianto si configura come tecnologicamente avanzato, in special modo in riferimento agli aerogeneratori scelti, selezionati tra le migliori tecnologie disponibili sul mercato e tali da garantire minori impatti ed un corretto inserimento del progetto nel contesto paesaggistico-ambientale.

L'indotto derivante dalla realizzazione, gestione e manutenzione dell'impianto porterà una crescita delle occupazioni e il rafforzamento della specializzazione tecnica-industriale tematica nel territorio.

L'ottimizzazione del layout di progetto, circa gli aspetti attinenti all'impatto ambientale, paesaggistico, la trasformazione antropica del suolo, la producibilità e l'affidabilità è stato ottenuto partendo dall'analisi dei seguenti fattori:

- percezione della presenza dell'impianto rispetto al paesaggio circostante;
- orografia dell'area;
- condizioni geologiche dell'area;
- presenza di vincoli ambientali;
- ottimizzazione della configurazione d'impianto (conformazione delle piazzole, morfologia dei percorsi stradali e dei cavidotti);
- presenza di strade, linee elettriche ed altre infrastrutture;

- producibilità;
- microsintrimento, verifiche turbolenze indotte sugli aerogeneratori.

In generale, si può dunque affermare che la disposizione del Progetto sul terreno dipende oltre che da considerazioni basate su criteri di massimo rendimento dei singoli aerogeneratori, anche da fattori legati alla presenza di vincoli ostativi, alla natura del sito, all'orografia, all'esistenza o meno delle strade, piste, sentieri, alla presenza di fabbricati e, non meno importante, da considerazioni relative all'impatto paesaggistico dell'impianto nel suo insieme.

Con riferimento ai fattori suddetti si richiamano alcuni criteri di base utilizzati nella scelta delle diverse soluzioni individuate, al fine di migliorare l'inserimento del Progetto nel territorio:

- analisi dalla pianificazione territoriale ed urbanistica, avendo avuto cura di evitare di localizzare gli aerogeneratori all'interno e in prossimità delle aree soggette a tutela ambientale e paesaggistica;
- limitazione delle opere di scavo/riporto;
- massimo utilizzo della viabilità esistente; realizzazione della nuova viabilità rispettando l'orografia del terreno e secondo la tipologia esistente in zona o attraverso modalità di realizzazione che tengono conto delle caratteristiche percettive generali del sito;
- impiego di materiali che favoriscano l'integrazione con il paesaggio dell'area per tutti gli interventi che riguardino manufatti (strade, cabine, muri di contenimento, ecc.);
- attenzione alle condizioni determinate dai cantieri e ripristino della situazione "ante operam" delle aree occupate. Particolare riguardo alla reversibilità e rinaturalizzazione o rimboschimento sia delle aree occupate dalle opere da dismettere che dalle aree occupate temporaneamente da camion e autogrù nella fase di montaggio degli aerogeneratori.

Si è inoltre tenuto conto, per quanto possibile, di quanto riportato nell' Allegato 4 "elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio" del D.M.10/09/10 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili". In particolare, nell'elaborazione del Progetto sono state considerate le varie misure di mitigazione riportate nel suddetto allegato, al fine di un miglior inserimento del Progetto nel territorio. Tra queste misure di mitigazione, ve ne sono alcune da tener in considerazione nella configurazione del layout dell'impianto da realizzare. In particolare, le distanze di cui si è cercato di tener conto, compatibilmente con i vincoli ambientali, le strade esistenti, l'orografia, ..., sono riportate nell'elenco sintetizzato di seguito:

- Distanza minima tra macchine di 5-7 diametri sulla direzione prevalente del vento e di 3-5 diametri sulla direzione perpendicolare a quella prevalente del vento (punto 3.2. lett. n).
- Minima distanza di ciascun aerogeneratore da unità abitative munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate, non inferiore a 200 m (punto 5.3 lett. a).
- Minima distanza di ciascun aerogeneratore dai centri abitati individuati dagli strumenti urbanistici vigenti non inferiore a 6 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore (punto 5.3 lett. b).
- Distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale superiore all'altezza massima dell'elica comprensiva del rotore e comunque non inferiore a 150 m dalla base della torre (punto 7.2 lett.a).

Si evidenzia che sono rispettati i punti 3.2. lett. n, 5.3 lett. a, 5.3 lett. b, 7.2 lett. a delle Linee Guida sopra elencati.

Sono infatti rispettate le distanze minime vincolanti tra le macchine, gli aerogeneratori si trovano a distanze maggiori di 200 m da unità abitative regolarmente censite, sono rispettate le distanze dai centri abitati e dalle strade provinciali o nazionali.

Pertanto, il layout definitivo dell'impianto eolico è quello che risulta più adeguato in virtù dei criteri analizzati.

La posizione degli aerogeneratori è stata, infatti, scelta nell'auspicio di ridurre le numerose problematiche legate alla interazione tra le torri e l'ambiente circostante.

La scelta del tracciato del Cavidotto MT è condizionata principalmente dal voler sfruttare la viabilità esistente (evitando ulteriori sottrazioni di suolo agricolo/naturale), alla Rete di A.T. di E-Distribuzione (CP di Quarto di Sarsina) con uno stallo a 132 kV.

Vale, inoltre, la pena evidenziare che, **ai sensi dell'art 12 del Decreto Legislativo n° 387/ 03:**

*1. Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono **di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti.***

*3. La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, ovvero, per impianti con potenza termica installata pari o superiore ai 300 MW, dal Ministero dello sviluppo economico, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, **variante allo strumento urbanistico.***

Con riferimento, infine, all'alternativa zero, ovvero alla rinuncia di realizzazione del progetto, si evidenzia che si perderebbe una produzione di energia elettrica che contribuirebbe a:

- risparmiare in termini di emissioni in atmosfera di composti inquinanti e di gas serra che sarebbero, di fatto, emessi da un altro impianto di tipo convenzionale;
- incrementare in maniera importante la produzione da Fonti Energetiche Rinnovabili, favorendo il raggiungimento degli obiettivi previsti dal Pacchetto Clima-Energia;

Inoltre, si perderebbero anche gli effetti positivi che si avrebbero dal punto di vista socioeconomico, con la creazione di un indotto occupazionale in aree che vivono in maniera importante il fenomeno della disoccupazione. L'iniziativa in progetto in un contesto così depresso potrebbe essere volano di sviluppo di nuove professionalità e assicurare un ritorno equo ai conduttori dei lotti su cui si andranno ad inserire gli aerogeneratori senza tuttavia precludergli la possibilità di continuare ad utilizzare tali terreni per le attività agricole. Inoltre, durante la fase di costruzione/dismissione, figure altamente specializzate potranno utilizzare le strutture ricettive dell'area e gli operai e gli operatori di cantiere si serviranno dei servizi di ristorazione, generando un indotto economico nell'area locale. Anche la fase d'esercizio dell'impianto, seppur in misura più limitata rispetto alla fase di costruzione/dismissione, comporterà l'impiego di professionalità per le attività di manutenzione preventiva.

Va inoltre ricordato che si effettueranno interventi sia per l'adeguamento della viabilità esistente, sia per la realizzazione dei brevi nuovi tratti stradali per l'accesso alle singole piazzole attualmente non servite da viabilità alcuna. Fermo restando il carattere necessariamente provvisorio degli interventi maggiormente impattanti sullo stato attuale di alcuni luoghi e tratti della viabilità esistente, si prende atto del fatto che la maggioranza degli interventi risultano percepibili come utili forme di adeguamento permanente della viabilità, a tutto vantaggio dell'attività agricola attualmente in essere in vaste aree dell'ambito territoriale interessate dal progetto, dell'attività di prevenzione e gestione degli incendi, nonché della maggiore accessibilità e migliore fruibilità di aree di futura accresciuta attrattività.

Inoltre, la presenza dell'impianto potrà diventare un'attrattiva turistica se potenziata con accorgimenti opportuni, come l'organizzazione di visite guidate per scolaresche o gruppi, ai quali si mostrerà l'importanza delle energie rinnovabili ai fini di uno sviluppo sostenibile.

Si evince che la considerazione dell'alternativa zero, sebbene non produca azioni impattanti sull'ambiente, compromette i principi della direttiva comunitaria a vantaggio della promozione energetica da fonti rinnovabili, oltre che precludere la possibilità di generare nuovo reddito e nuova occupazione.

Pertanto, tali circostanze dimostrano che l'alternativa zero rispetto agli scenari che prevedono la realizzazione dell'intervento non sono auspicabili per il contesto in cui si debbono inserire.

7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

7.1. IMPIANTO EOLICO

Dall'analisi dei PAI, riportati al punto 4.4 della presente, si è visto che aerogeneratori WTG 1, WTG 2, WTG 3 e WTG 4 ricadono in Area a rischio frana – R2 (rischio medio), disciplinata all'art.13 delle Norme del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, la verifica di eventuali rischi assoluti viene demandata ai Comuni.

Pertanto, al fine di dimostrare la compatibilità dell'intervento, si è eseguita la verifica di stabilità globale dell'aerogeneratore WTG 04, che presenta una pendenza media del 20%, riportata ai capitoli 8 e 9 del presente documento.

7.2. CAVIDOTTO MT E CAVIDOTTO AT

In base a quanto descritto in merito alla pericolosità geomorfologica dell'area, emerge che i percorsi del cavidotto MT e del cavidotto AT attraversano delle aree a pericolosità geomorfologica.

Il percorso del cavidotto MT attraversa una serie di versanti collinari caratterizzati da termini litologici argilloso limosi, limoso argillosi con intercalazioni di livelli rocciosi di natura marnosa, calcareo marnosa e calcareo arenacea, interessati da forme erosionali superficiali quali creep/soliflussi che si manifestano come deformazioni plastiche superficiali diffuse con piccoli rigonfiamenti e depressioni morfologiche che interessano principalmente le coltri argillose alterate.

Pertanto, su quasi tutta l'area sono ben evidenti le forme di dissesto dei versanti che talvolta limitano l'uso del territorio, causando disagi all'agricoltura e alla viabilità.

A tal proposito, occorre precisare che la realizzazione degli elettrodotti interrati non altera la naturale morfologia del terreno in sito e tanto meno la distribuzione delle masse del pendio potenzialmente instabile. Di fatto i movimenti di terra e gli scavi previsti per la realizzazione delle opere in esame sono generalmente di modesta entità, come si può notare dai dettagli costruttivi riportati in allegato.

Inoltre, va considerato che la scelta relativa al posizionamento degli aerogeneratori e dei cavidotti è stata effettuata massimizzando il più possibile il passaggio lungo tratti di strada esistenti, a cui si associa una buona condizione di stabilità.

Tenuto conto dell'esistenza di forme dovute ad azioni erosive superficiali sia di tipo lineare che areale dovute essenzialmente alle precipitazioni meteoriche, è possibile introdurre delle opere di mitigazione le cui finalità riguarderanno la limitazione delle erosioni ed il ruscellamento superficiale disordinato delle acque.

La prima soluzione consiste nell'impianto di specie vegetali autoctone a rapido accrescimento nell'intorno del tracciato del cavidotto. La copertura vegetale permetterebbe di agevolare il ruscellamento superficiale diffuso, limitando l'azione erosiva da parte delle acque superficiali e contribuendo alla stabilizzazione del pendio con il suo apparato radicale.

Le opere di drenaggio possono essere, poi, prese in considerazione per evitare che vi sia un ruscellamento disordinato delle acque. Devono essere opportunamente disposte in funzione delle pendenze per favorire il facile e veloce allontanamento delle acque superficiali. Possono consistere in semplici canalette, opportunamente dimensionate, con sottofondo costituito da pietrame o da fascinate, queste ultime costituite da verghe lunghe e dritte di piante legnose.

Gli scavi saranno comunque essere eseguiti in stagioni a minimo rischio di pioggia e procedendo per stati di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi e/o il consolidamento dei fronti con opere provvisorie o definitive di contenimento. I riporti di terreno saranno eseguiti in strati, assicurando il graduale compattamento dei materiali terrosi, dai quali devono essere separate le frazioni litoidi di maggiori dimensioni. Nelle aree di riporto saranno sempre garantite le opere necessarie alla regimazione delle acque ed alla difesa da fenomeni erosivi.

In ogni caso sarà opportuno valutare una eventuale modificazione locale del percorso del cavidotto, qualora in una fase successiva di approfondimento delle conoscenze, attraverso l'esecuzione di adeguate indagini geognostiche in situ, si ritenga non stabile un determinato tratto stradale ove far passare il cavidotto.

8. STABILITA' DELL'AREA

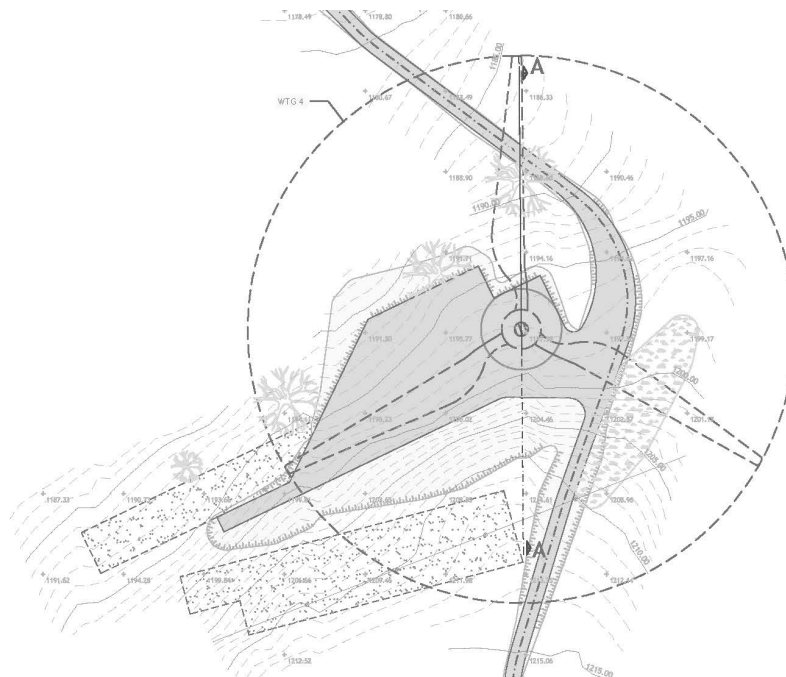
8.1. DESCRIZIONE STATO DEI LUOGHI E INTERVENTO DI PROGETTO

Il parco eolico verrà realizzato nel comune di Verghereto (FC), ad una altitudine variabile da 1148 a 1198 m s.l.m. in un'area collinare. Tenuto conto della modellazione geotecnica del sottosuolo (relazione geotecnica e sismica) e innanzi richiamata, si è eseguita la verifica di stabilità globale delle opere per la torre avente una morfologica più gravosa nei confronti della stabilità, a tale scopo si è considerata la torre WTG 04 che presenta una pendenza media del 20%.

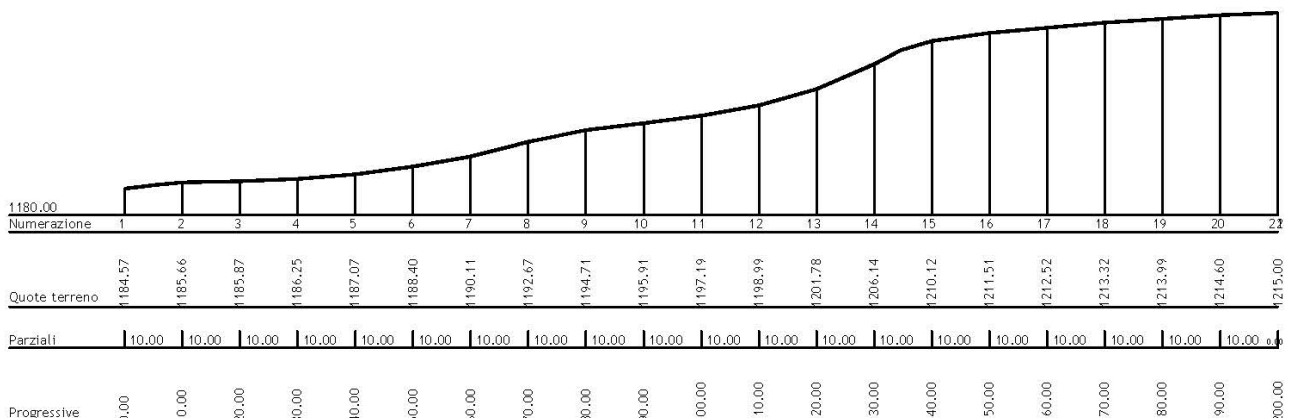
L'intervento di progetto prevede la realizzazione di un plinto in cls armato di grandi dimensioni, di forma circolare con base maggiore di diametro pari a 22,00ml e base minore di diametro 8,00ml. L'altezza massima della fondazione, misurata al centro della stessa è di 3,00 ml mentre l'altezza minima misurata sull'estremità è di 1,10 ml. Al centro della fondazione viene realizzato un accrescimento al fine di consentire l'alloggio dell'anchor cage per l'installazione della torre eolica. Viste le caratteristiche geologiche del terreno e gli enti sollecitanti, la fondazione è del tipo indiretto su n.14 pali di diametro 120 cm e lunghezza pari a 27,00 ml, disposti ad una distanza dal centro pari a 9,60 ml.

La modellazione dell'area per il raggiungimento delle quote di progetto, si ottiene mediante opere di movimento terra.

PLANIMETRIA



SEZIONE A-A



Si riporta un'analisi puntuale della verifica di stabilità globale assumendo, quali dati input il modello geologico, geotecnico, sismico e le azioni agenti, modellate ed analizzate secondo le previsioni delle vigenti normative.

8.2. GENERALITÀ

I calcoli e le verifiche ivi riportati e relativi alla sezione più gravosa dal punto di vista delle sollecitazioni, sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Le azioni sono combinate mediante le combinazioni di carico di seguito descritte. Da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

Sono state effettuate tutte le verifiche (geotecniche) secondo l'Approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2) definito dal D.M. 17 Gennaio 2018. Nelle relative tabelle sono riportati, in funzione dei carichi agenti e dell'approccio scelto per la verifica, i coefficienti di combinazione delle azioni elementari dovuti ai coefficienti parziali delle azioni γ . Il valore di progetto della resistenza R_d è determinato in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M , specificato nella tabella 6.2.II delle NTC 2018, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera come specificato nella tabella 6.8.I delle NTC 2018.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | M1 | M2 |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1.00 | 1.25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 |
| Peso per unità di volume | γ_r | γ_r | 1.00 | 1.00 |

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

| Coefficiente | (R2) |
|--------------|------|
| γ_R | 1.1 |

Ai fini della verifica si considera lo stato limite di salvaguardia della vita.

I risultati di calcolo ottenuti per la sezione sopra indicata, considerate come più gravose dal punto di vista delle sollecitazioni, devono essere applicati a tutte le altre sezioni ad altezza inferiore secondo schemi progettuali.

8.3. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Le azioni sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali, peso proprio del terreno, forze indotte dal terreno, forze risultanti dalla pressione dell'acqua, ecc;
- G2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;

- Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;
- $\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;
- ψ_{0i} coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Tabella 6.2.I D.M 17/01/2018

| Tabella C.2.1 D.M. 17/01/2018 | | | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|-----|------|------|
| CARICHI | | EFFETTO | Coefficiente | EQU | (A1) | (A2) |
| | | | γ_F (o γ_E) | | STR | GEO |
| Carichi permanenti G1 | | favorevoli | γ_{G1} | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| | | sfavorevoli | | 1.1 | 1.3 | 1.0 |
| Carichi permanenti non strutturali G2 ⁽¹⁾ | | favorevoli | γ_{G21} | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| | | sfavorevoli | | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| Azioni variabili Q | | favorevoli | γ_{Qi} | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | sfavorevoli | | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| (1) | Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti. | | | | | |

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{1k} nella formula precedente). Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di carico statiche, vengono considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

8.4. METODO DI CALCOLO

Quale metodo di calcolo sono state ipotizzate varie superfici di scorrimento in modo da interessare tutta la parte di terreno potenzialmente soggetta ad instabilità. Per ognuna di esse sono state calcolate le forze motrici e le forze resistenti.

Il calcolo è stato effettuato secondo i metodi classici di Bishop e Jambu.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto fra le forze resistenti e quelle motrici. Tale valore è stato calcolato per tutte le

combinazioni di carico previste dall'approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R2, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza per Stabilità Globale.

L'azione sismica è stata valutata come previsto dal D.M. 17.01.2018 al § 7.11.3.5.2.

Si riportano di seguito una descrizione dei metodi di calcolo utilizzati:

▪ Metodo di BISHOP (1955)

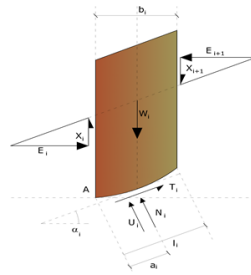
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_y = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

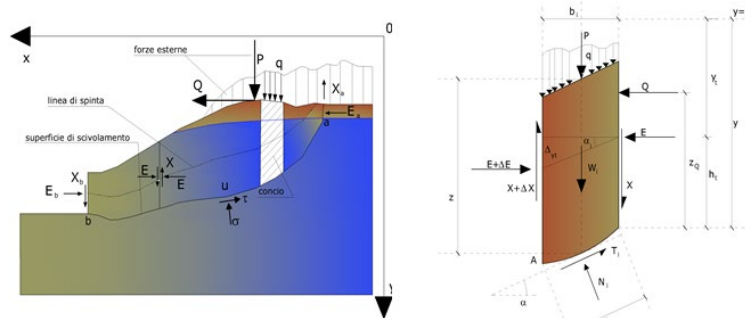


▪ Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$



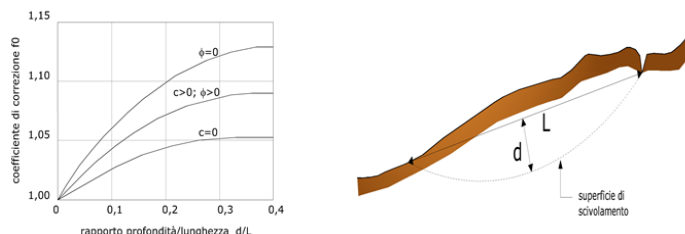
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto

con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



8.5. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede il D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" al § 3.2.3 e al § 7.11.6.2.1, è stata eseguita utilizzando metodi pseudo-statici.

L'utilizzo di metodi pseudo-statici, consente di ricondurre l'azione sismica, che è un'azione dinamica variabile nel tempo e nello spazio, ad un insieme di forze statiche equivalenti, orizzontali e verticali, mediante l'utilizzo di coefficienti sismici, che dipendono dalla zona sismica, dalle condizioni locali e dall'entità degli spostamenti ammessi per l'opera considerata. Tali coefficienti vengono utilizzati, oltre che per valutare le forze di inerzia sull'opera, anche per determinare la spinta retrostante il muro. Come specificato al § 7.11.3.5.2, in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale e verticale, devono essere calcolati come:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima al suolo

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ed assume i valori indicati nella Tab. 7.11-I

g = accelerazione di gravità

| | Categoria sottosuolo | |
|-------------------------|----------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_m | β_m |
| $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$ | 0.30 | 0.28 |
| $0.1 < a_g(g) \leq 0.2$ | 0.27 | 0.24 |
| $a_g(g) \leq 0.1$ | 0.20 | 0.20 |

DATI GENERALI ANALISI SISMICA

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

| Classe Opera | Vita Nominale | Periodo di Riferimento |
|--------------|---------------|------------------------|
| [adim] | [anni] | [anni] |
| 4 | 50 | 100 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 60,0 | 0,91 | 2,41 | 0,28 |
| S.L.D. | 101,0 | 1,14 | 2,4 | 0,28 |
| S.L.V. | 949,0 | 2,5 | 2,49 | 0,32 |
| S.L.C. | 1950,0 | 3,11 | 2,54 | 0,32 |

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

| S.L. Stato limite | amax [m/s ²] | beta [-] | kh [-] | kv [sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O. | 1,365 | 0,2 | 0,0278 | 0,0139 |
| S.L.D. | 1,71 | 0,24 | 0,0419 | 0,0209 |
| S.L.V. | 3,2978 | 0,28 | 0,0942 | 0,0471 |
| S.L.C. | 3,7838 | 0,28 | 0,108 | 0,054 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0942

Coefficiente azione sismica verticale 0,0471

9. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA

9.1. GEOMETRIA, CARICHI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

Si riporta di seguito il profilo ritenuto rappresentativo dell'intera area analizzato ai fini della stabilità del pendio:

GEOMETRIA

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1000,0 | 1185,87 |
| 2 | 1009,99 | 1186,25 |
| 3 | 1020,0 | 1187,07 |
| 4 | 1030,0 | 1188,39 |
| 5 | 1040,0 | 1190,11 |
| 6 | 1050,0 | 1192,67 |
| 7 | 1055,0 | 1193,69 |
| 8 | 1060,0 | 1194,71 |
| 9 | 1070,0 | 1195,91 |
| 10 | 1075,15 | 1196,57 |
| 11 | 1083,4 | 1196,57 |
| 12 | 1083,4 | 1197,17 |
| 13 | 1085,0 | 1198,09 |
| 14 | 1090,0 | 1198,99 |
| 15 | 1100,0 | 1201,78 |
| 16 | 1110,0 | 1206,14 |
| 17 | 1114,68 | 1208,54 |
| 18 | 1120,0 | 1210,12 |
| 19 | 1130,0 | 1211,51 |
| 20 | 1150,01 | 1213,32 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1000,0 | 1185,87 |
| 2 | 1000,0 | 1182,31 |
| 3 | 1009,99 | 1182,75 |
| 4 | 1020,0 | 1183,57 |
| 5 | 1030,0 | 1184,89 |
| 6 | 1040,0 | 1186,61 |
| 7 | 1050,0 | 1189,17 |
| 8 | 1055,0 | 1190,19 |
| 9 | 1060,0 | 1191,21 |
| 10 | 1070,0 | 1192,41 |
| 11 | 1080,0 | 1193,69 |
| 12 | 1085,0 | 1194,59 |
| 13 | 1090,0 | 1195,49 |
| 14 | 1100,0 | 1198,28 |
| 15 | 1110,0 | 1202,64 |
| 16 | 1114,68 | 1205,04 |
| 17 | 1120,0 | 1206,62 |
| 18 | 1130,0 | 1208,01 |
| 19 | 1150,01 | 1209,82 |
| 20 | 1150,01 | 1213,32 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1000,0 | 1182,31 |
| 2 | 1000,0 | 1179,39 |
| 3 | 1009,99 | 1179,75 |
| 4 | 1020,0 | 1180,57 |
| 5 | 1030,0 | 1181,89 |
| 6 | 1040,0 | 1183,61 |
| 7 | 1050,0 | 1186,17 |
| 8 | 1055,0 | 1187,19 |
| 9 | 1060,0 | 1188,21 |
| 10 | 1070,0 | 1189,41 |
| 11 | 1080,0 | 1190,69 |
| 12 | 1085,0 | 1191,59 |
| 13 | 1090,0 | 1192,49 |
| 14 | 1100,0 | 1195,28 |
| 15 | 1110,0 | 1199,64 |
| 16 | 1114,68 | 1202,04 |
| 17 | 1120,0 | 1203,62 |
| 18 | 1130,0 | 1205,01 |
| 19 | 1150,01 | 1206,82 |
| 20 | 1150,01 | 1209,82 |

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

| Strato | Coesione (kg/cm ²) | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m ³) | Peso saturo (Kg/m ³) | Litologia | |
|--------|-----------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|--|--|
| 1 | 0,02 | 0,25 | 26 | 1800 | 1950 | Argille limose alterate. Plastiche e poco consistenti | |
| 2 | 0,08 | 1 | 28 | 1900 | 2050 | Argille limose con presenza di inclusi litici eterometrici di natura calcarea, arenacea e marnosa. Materiale moderatamente consistente | |
| 3 | 0,12 | 3 | 30 | 2000 | 2100 | Argille limose ricche di inclusi litici eterometrici e con intercalazioni di arenarie e calcareniti moderatamente fratturate | |

9.2. RISULTATI ANALISI STABILITA' IN CONDIZIONI DRENATE

Dalle verifiche analitiche condotte secondo quanto richiamato nei punti precedenti, applicando il metodo di Bishop e Jambu, si riporta di seguito la superficie di scorrimento corrispondente al fattore di sicurezza minimo individuato.

9.2.1. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (COMBINAZIONE SISMA)

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| | |
|---|--------------------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | No |
| Normativa | NTC 2018 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 40,0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1,2 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

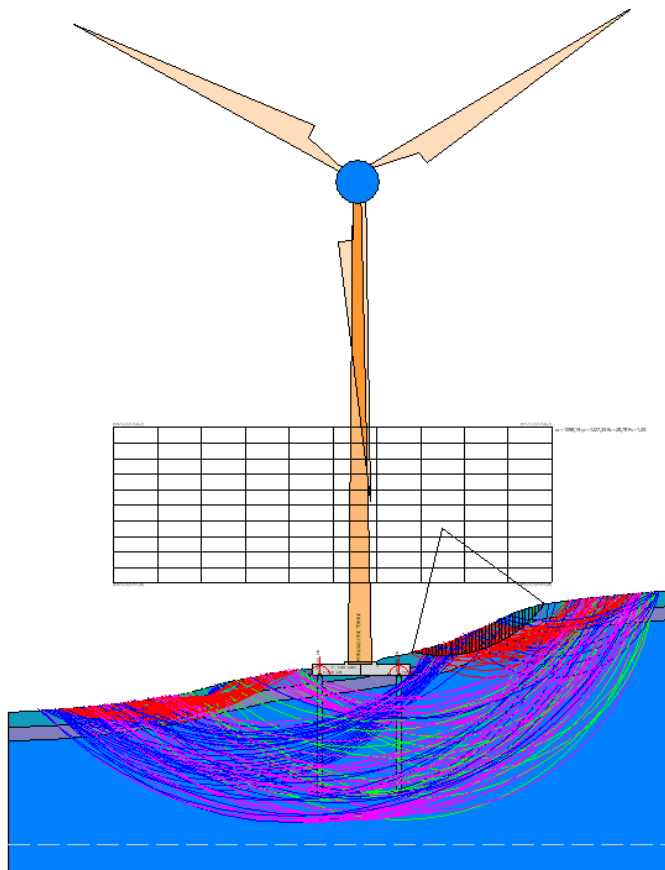
| | |
|--|-----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 1023,93 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 1215,03 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 1122,95 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 1250,17 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 10,0 |
| Numero di celle lungo y | 10,0 |

Sisma

| | |
|---|--------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0,0942 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0,0471 |

9.2.1.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

Risultati analisi pendio [sismica]

=====

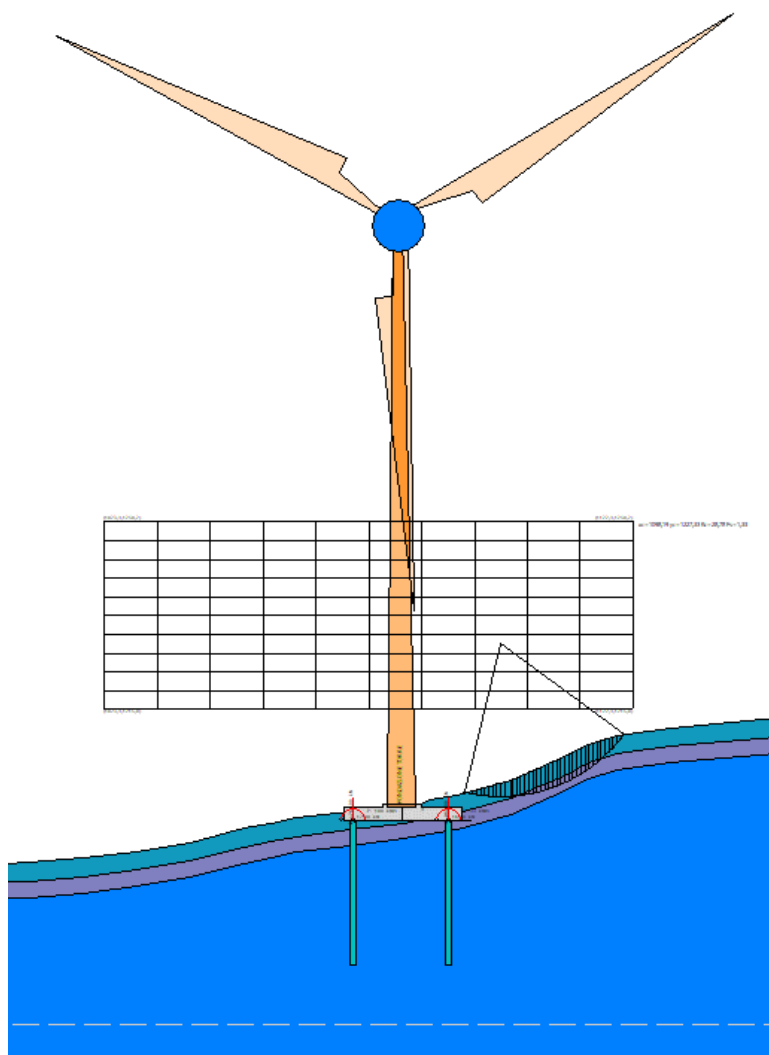
| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 1,33 |
| Ascissa centro superficie | 1098,19 m |
| Ordinata centro superficie | 1227,33 m |
| Raggio superficie | 28,78 m |

=====

xc = 1098,193 yc = 1227,329 Rc = 28,784 Fs=1,33

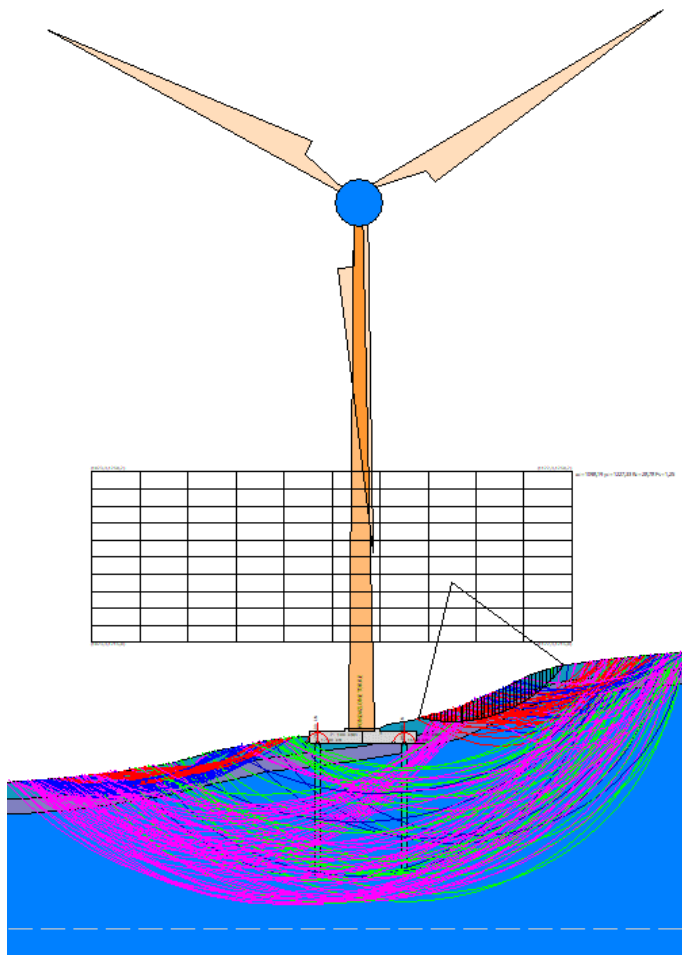
| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) | Kh•Wi (kN) | Kv•Wi (kN) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (kN) | N'i (kN) | Ti (kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,75 | -12,8 | 0,77 | 2,59 | 0,24 | 0,12 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 3,2 | 2,3 |
| 2 | 0,75 | -11,5 | 0,77 | 7,53 | 0,71 | 0,35 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 8,5 | 4,3 |
| 3 | 0,75 | -10,0 | 0,76 | 12,18 | 1,15 | 0,57 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 13,4 | 6,1 |
| 4 | 0,75 | -8,5 | 0,76 | 16,6 | 1,56 | 0,78 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 17,9 | 7,7 |
| 5 | 0,75 | -6,6 | 0,76 | 20,72 | 1,95 | 0,98 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 21,9 | 9,2 |
| 6 | 0,75 | -5,5 | 0,75 | 24,51 | 2,31 | 1,15 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 25,6 | 10,5 |
| 7 | 0,75 | -3,8 | 0,75 | 28,13 | 2,65 | 1,33 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 29,0 | 11,7 |
| 8 | 0,75 | -2,5 | 0,75 | 31,46 | 2,96 | 1,48 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 32,1 | 12,9 |
| 9 | 0,75 | -1,0 | 0,75 | 34,54 | 3,25 | 1,63 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 34,8 | 13,9 |
| 10 | 0,75 | 0,5 | 0,75 | 37,35 | 3,52 | 1,76 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 37,2 | 14,8 |
| 11 | 1,12 | 2,7 | 1,12 | 60,22 | 5,67 | 2,84 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 59,2 | 23,4 |
| 12 | 0,38 | 3,9 | 0,38 | 21,99 | 2,07 | 1,04 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 21,5 | 8,4 |
| 13 | 0,75 | 5,0 | 0,75 | 45,76 | 4,31 | 2,16 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 44,4 | 17,4 |
| 14 | 0,75 | 6,6 | 0,76 | 49,24 | 4,64 | 2,32 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 46,9 | 23,2 |
| 15 | 0,75 | 8,0 | 0,76 | 52,46 | 4,94 | 2,47 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 49,6 | 24,3 |
| 16 | 0,75 | 10,0 | 0,76 | 55,35 | 5,21 | 2,61 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 51,8 | 25,2 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 17 | 0,75 | 11,0 | 0,77 | 58,0 | 5,46 | 2,73 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 54,0 | 26,1 |
| 18 | 0,75 | 12,7 | 0,77 | 60,38 | 5,69 | 2,84 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 55,8 | 26,9 |
| 19 | 0,75 | 14,1 | 0,77 | 62,45 | 5,88 | 2,94 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 57,5 | 27,5 |
| 20 | 0,75 | 15,8 | 0,78 | 64,23 | 6,05 | 3,03 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 58,8 | 28,1 |
| 21 | 0,75 | 17,5 | 0,79 | 65,64 | 6,18 | 3,09 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 59,8 | 28,6 |
| 22 | 0,75 | 18,9 | 0,79 | 66,79 | 6,29 | 3,15 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 60,7 | 28,9 |
| 23 | 0,75 | 20,5 | 0,8 | 67,62 | 6,37 | 3,18 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,3 | 29,2 |
| 24 | 0,75 | 21,9 | 0,81 | 68,11 | 6,42 | 3,21 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,6 | 29,4 |
| 25 | 0,61 | 23,7 | 0,67 | 55,29 | 5,21 | 2,6 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 49,9 | 23,9 |
| 26 | 0,89 | 25,3 | 0,99 | 81,51 | 7,68 | 3,84 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 73,5 | 35,2 |
| 27 | 0,75 | 26,9 | 0,84 | 68,78 | 6,48 | 3,24 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 62,0 | 29,8 |
| 28 | 0,75 | 28,7 | 0,86 | 68,64 | 6,47 | 3,23 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,9 | 29,8 |
| 29 | 0,75 | 30,4 | 0,87 | 68,09 | 6,41 | 3,21 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,5 | 29,7 |
| 30 | 0,75 | 32,2 | 0,89 | 67,08 | 6,32 | 3,16 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 60,7 | 29,5 |
| 31 | 0,78 | 34,0 | 0,94 | 68,31 | 6,43 | 3,22 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,9 | 30,3 |
| 32 | 0,72 | 36,0 | 0,89 | 59,94 | 5,65 | 2,82 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 54,5 | 27,0 |
| 33 | 0,75 | 37,6 | 0,95 | 57,91 | 5,45 | 2,73 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 52,6 | 26,6 |
| 34 | 0,75 | 39,5 | 0,97 | 52,66 | 4,96 | 2,48 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 47,8 | 24,8 |
| 35 | 0,75 | 41,5 | 1,0 | 46,79 | 4,41 | 2,2 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 42,3 | 22,8 |
| 36 | 0,75 | 43,8 | 1,04 | 40,54 | 3,82 | 1,91 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 40,5 | 16,4 |
| 37 | 0,75 | 45,6 | 1,07 | 33,71 | 3,18 | 1,59 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 33,9 | 14,0 |
| 38 | 0,85 | 47,9 | 1,26 | 28,79 | 2,71 | 1,36 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 29,1 | 12,5 |
| 39 | 0,66 | 50,3 | 1,03 | 14,25 | 1,34 | 0,67 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 14,2 | 6,7 |
| 40 | 0,75 | 52,5 | 1,23 | 5,99 | 0,56 | 0,28 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 5,1 | 3,7 |



9.2.1.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

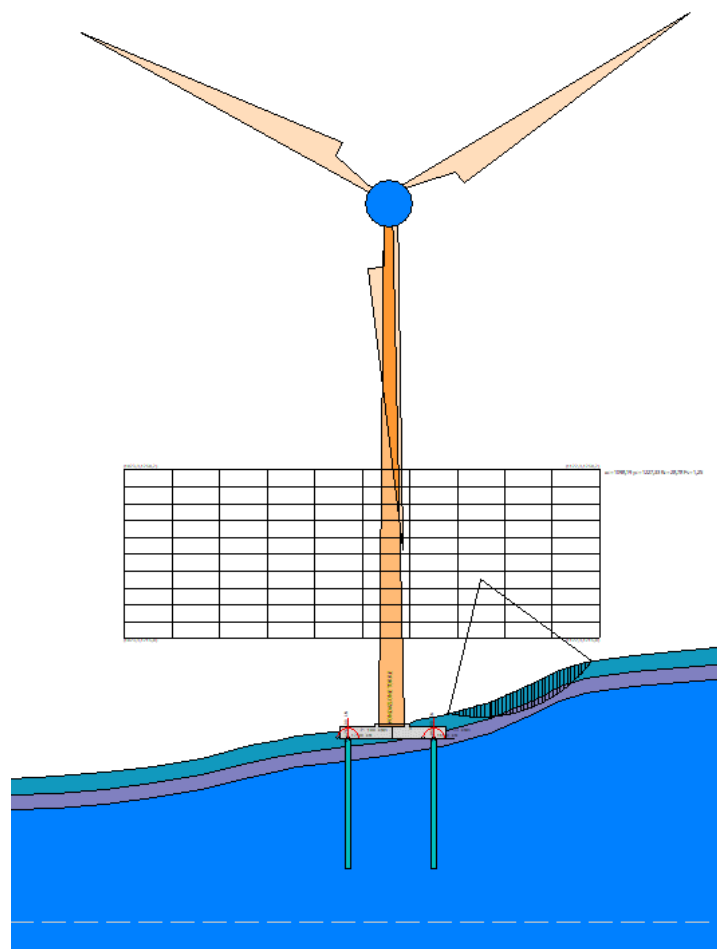
Risultati analisi pendio [sismica]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 1,25 |
| Ascissa centro superficie | 1098,19 m |
| Ordinata centro superficie | 1227,33 m |
| Raggio superficie | 28,78 m |

$$xc = 1098,193 \quad yc = 1227,329 \quad Rc = 28,784 \quad Fs=1,253$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) | Kh•Wi (kN) | Kv•Wi (kN) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (kN) | N'i (kN) | Ti (kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,75 | -12,8 | 0,77 | 2,59 | 0,24 | 0,12 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 3,2 | 2,5 |
| 2 | 0,75 | -11,5 | 0,77 | 7,53 | 0,71 | 0,35 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 8,6 | 4,6 |
| 3 | 0,75 | -10,0 | 0,76 | 12,18 | 1,15 | 0,57 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 13,5 | 6,5 |
| 4 | 0,75 | -8,5 | 0,76 | 16,6 | 1,56 | 0,78 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 18,0 | 8,3 |
| 5 | 0,75 | -6,6 | 0,76 | 20,72 | 1,95 | 0,98 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 22,0 | 9,8 |
| 6 | 0,75 | -5,5 | 0,75 | 24,51 | 2,31 | 1,15 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 25,7 | 11,2 |
| 7 | 0,75 | -3,8 | 0,75 | 28,13 | 2,65 | 1,33 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 29,0 | 12,5 |
| 8 | 0,75 | -2,5 | 0,75 | 31,46 | 2,96 | 1,48 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 32,1 | 13,7 |
| 9 | 0,75 | -1,0 | 0,75 | 34,54 | 3,25 | 1,63 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 34,8 | 14,7 |
| 10 | 0,75 | 0,5 | 0,75 | 37,35 | 3,52 | 1,76 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 37,2 | 15,7 |
| 11 | 1,12 | 2,7 | 1,12 | 60,22 | 5,67 | 2,84 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 59,1 | 24,8 |
| 12 | 0,38 | 3,9 | 0,38 | 21,99 | 2,07 | 1,04 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 21,4 | 9,0 |
| 13 | 0,75 | 5,0 | 0,75 | 45,76 | 4,31 | 2,16 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 44,3 | 18,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 14 | 0,75 | 6,6 | 0,76 | 49,24 | 4,64 | 2,32 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 46,7 | 24,7 |
| 15 | 0,75 | 8,0 | 0,76 | 52,46 | 4,94 | 2,47 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 49,4 | 25,9 |
| 16 | 0,75 | 10,0 | 0,76 | 55,35 | 5,21 | 2,61 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 51,5 | 27,0 |
| 17 | 0,75 | 11,0 | 0,77 | 58,0 | 5,46 | 2,73 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 53,7 | 28,1 |
| 18 | 0,75 | 12,7 | 0,77 | 60,38 | 5,69 | 2,84 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 55,5 | 29,1 |
| 19 | 0,75 | 14,1 | 0,77 | 62,45 | 5,88 | 2,94 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 57,1 | 30,0 |
| 20 | 0,75 | 15,8 | 0,78 | 64,23 | 6,05 | 3,03 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 58,4 | 30,8 |
| 21 | 0,75 | 17,5 | 0,79 | 65,64 | 6,18 | 3,09 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 59,3 | 31,6 |
| 22 | 0,75 | 18,9 | 0,79 | 66,79 | 6,29 | 3,15 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 60,2 | 32,2 |
| 23 | 0,75 | 20,5 | 0,8 | 67,62 | 6,37 | 3,18 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 60,7 | 32,8 |
| 24 | 0,75 | 21,9 | 0,81 | 68,11 | 6,42 | 3,21 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,0 | 33,3 |
| 25 | 0,61 | 23,7 | 0,67 | 55,29 | 5,21 | 2,6 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 49,4 | 27,4 |
| 26 | 0,89 | 25,3 | 0,99 | 81,51 | 7,68 | 3,84 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 72,7 | 40,9 |
| 27 | 0,75 | 26,9 | 0,84 | 68,78 | 6,48 | 3,24 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,3 | 35,0 |
| 28 | 0,75 | 28,7 | 0,86 | 68,64 | 6,47 | 3,23 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,1 | 35,7 |
| 29 | 0,75 | 30,4 | 0,87 | 68,09 | 6,41 | 3,21 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 60,7 | 36,2 |
| 30 | 0,75 | 32,2 | 0,89 | 67,08 | 6,32 | 3,16 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 59,8 | 36,5 |
| 31 | 0,78 | 34,0 | 0,94 | 68,31 | 6,43 | 3,22 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 61,0 | 38,3 |
| 32 | 0,72 | 36,0 | 0,89 | 59,94 | 5,65 | 2,82 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 53,5 | 34,9 |
| 33 | 0,75 | 37,6 | 0,95 | 57,91 | 5,45 | 2,73 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 51,6 | 35,2 |
| 34 | 0,75 | 39,5 | 0,97 | 52,66 | 4,96 | 2,48 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 46,8 | 33,7 |
| 35 | 0,75 | 41,5 | 1,0 | 46,79 | 4,41 | 2,2 | 0,08 | 28,0 | 0,0 | 41,4 | 31,8 |
| 36 | 0,75 | 43,8 | 1,04 | 40,54 | 3,82 | 1,91 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 39,8 | 23,7 |
| 37 | 0,75 | 45,6 | 1,07 | 33,71 | 3,18 | 1,59 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 33,3 | 20,9 |
| 38 | 0,85 | 47,9 | 1,26 | 28,79 | 2,71 | 1,36 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 28,5 | 19,5 |
| 39 | 0,66 | 50,3 | 1,03 | 14,25 | 1,34 | 0,67 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 13,9 | 10,9 |
| 40 | 0,75 | 52,5 | 1,23 | 5,99 | 0,56 | 0,28 | 0,02 | 26,0 | 0,0 | 4,9 | 6,3 |



9.2.2. STATO LIMITE ULTIMO (COMBINAZIONE A2+M2+R2)

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1,3 | 1,3 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 0,8 | 1,0 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

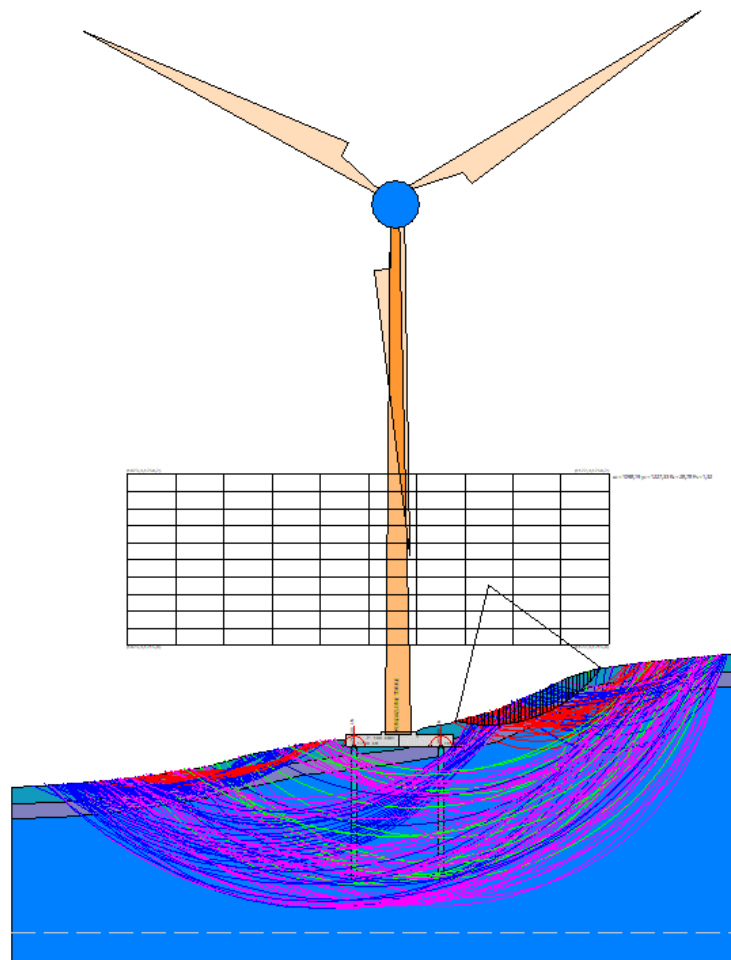
| | |
|---|--------------------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |
| Normativa | NTC 2018 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 40,0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1,1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|-----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 1023,93 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 1215,03 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 1122,95 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 1250,17 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 10,0 |
| Numero di celle lungo y | 10,0 |

9.2.2.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

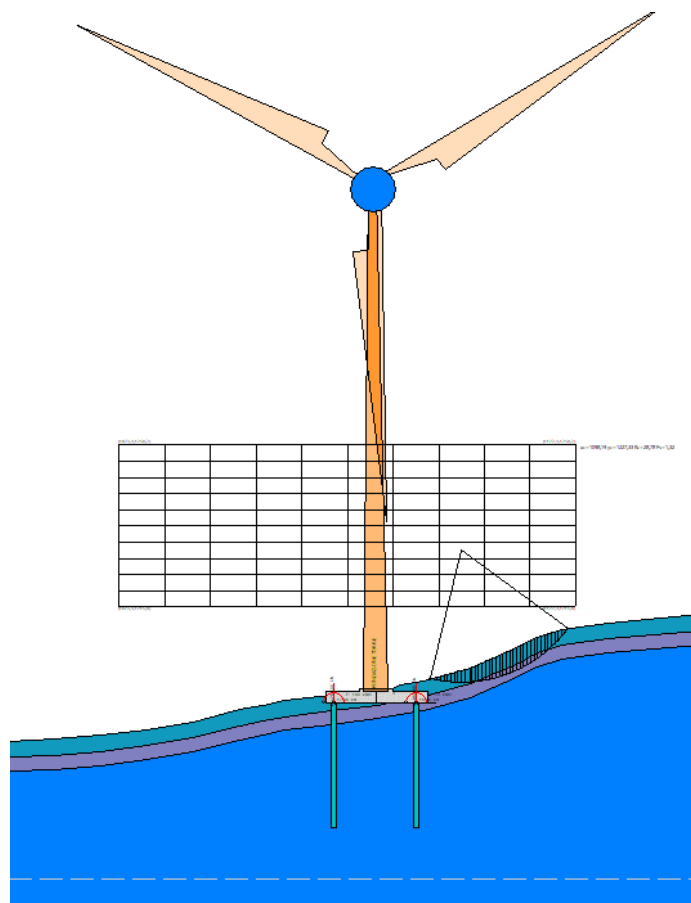
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 1,32 |
| Ascissa centro superficie | 1098,19 m |
| Ordinata centro superficie | 1227,33 m |
| Raggio superficie | 28,78 m |

$$x_c = 1098,193 \quad y_c = 1227,329 \quad R_c = 28,784 \quad F_s = 1,316$$

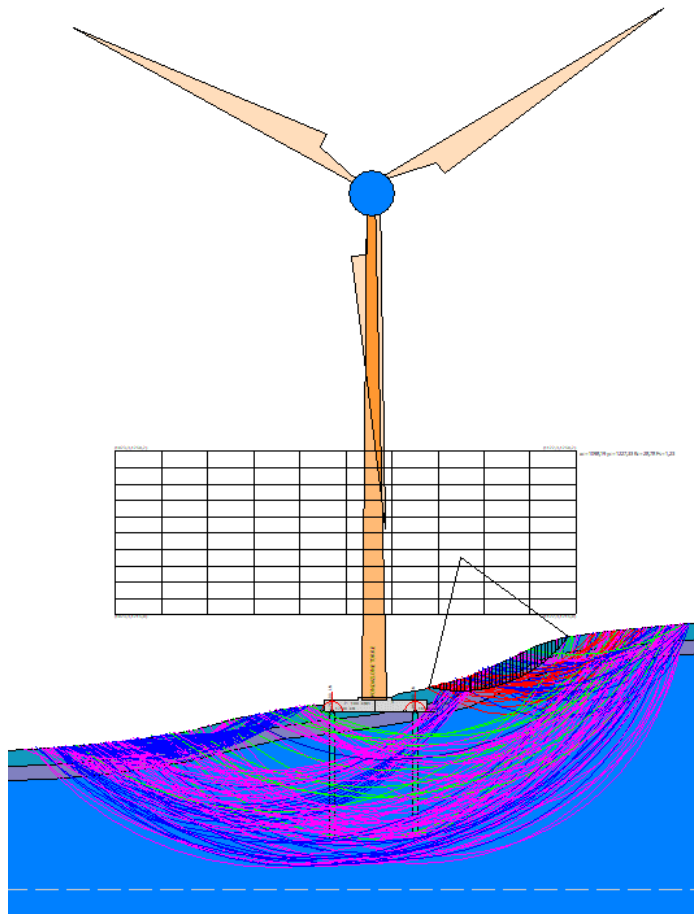
| Nr. m | B (°) | Alfa m | Li (kN) | Wi (kN) | Kh•Wi (kN) | Kv•Wi (kg/cm²) | c (°) | Fi (kN) | Ui (kN) | N'i (kN) | Ti |
|----------|----------|-----------|------------|------------|---------------|-------------------|----------|------------|------------|-------------|------|
| 1 | 0,75 | -12,8 | 0,77 | 2,59 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 2,5 | 1,7 |
| 2 | 0,75 | -11,5 | 0,77 | 7,53 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 6,7 | 2,9 |
| 3 | 0,75 | -10,0 | 0,76 | 12,18 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 10,6 | 4,1 |
| 4 | 0,75 | -8,5 | 0,76 | 16,6 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 14,2 | 5,1 |
| 5 | 0,75 | -6,6 | 0,76 | 20,72 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 17,4 | 6,1 |
| 6 | 0,75 | -5,5 | 0,75 | 24,51 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 20,4 | 6,9 |
| 7 | 0,75 | -3,8 | 0,75 | 28,13 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 23,1 | 7,7 |
| 8 | 0,75 | -2,5 | 0,75 | 31,46 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 25,6 | 8,5 |
| 9 | 0,75 | -1,0 | 0,75 | 34,54 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 27,8 | 9,1 |
| 10 | 0,75 | 0,5 | 0,75 | 37,35 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 48,4 | 15,2 |
| 11 | 1,12 | 2,7 | 1,12 | 60,22 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 77,2 | 24,2 |
| 12 | 0,38 | 3,9 | 0,38 | 21,99 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 28,1 | 8,8 |
| 13 | 0,75 | 5,0 | 0,75 | 45,76 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 58,1 | 18,1 |
| 14 | 0,75 | 6,6 | 0,76 | 49,24 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 61,7 | 23,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-----|-----|------|------|-----|------|------|
| 15 | 0,75 | 8,0 | 0,76 | 52,46 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 65,4 | 24,8 |
| 16 | 0,75 | 10,0 | 0,76 | 55,35 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 68,5 | 25,8 |
| 17 | 0,75 | 11,0 | 0,77 | 58,0 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 71,6 | 26,8 |
| 18 | 0,75 | 12,7 | 0,77 | 60,38 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 74,2 | 27,7 |
| 19 | 0,75 | 14,1 | 0,77 | 62,45 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 76,6 | 28,4 |
| 20 | 0,75 | 15,8 | 0,78 | 64,23 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 78,5 | 29,1 |
| 21 | 0,75 | 17,5 | 0,79 | 65,64 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 80,1 | 29,6 |
| 22 | 0,75 | 18,9 | 0,79 | 66,79 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 81,5 | 30,1 |
| 23 | 0,75 | 20,5 | 0,8 | 67,62 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 82,5 | 30,5 |
| 24 | 0,75 | 21,9 | 0,81 | 68,11 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 83,1 | 30,7 |
| 25 | 0,61 | 23,7 | 0,67 | 55,29 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 67,5 | 25,0 |
| 26 | 0,89 | 25,3 | 0,99 | 81,51 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 99,7 | 36,9 |
| 27 | 0,75 | 26,9 | 0,84 | 68,78 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 84,4 | 31,3 |
| 28 | 0,75 | 28,7 | 0,86 | 68,64 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 84,5 | 31,4 |
| 29 | 0,75 | 30,4 | 0,87 | 68,09 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 84,2 | 31,4 |
| 30 | 0,75 | 32,2 | 0,89 | 67,08 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 83,4 | 31,2 |
| 31 | 0,78 | 34,0 | 0,94 | 68,31 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 85,4 | 32,1 |
| 32 | 0,72 | 36,0 | 0,89 | 59,94 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 75,5 | 28,6 |
| 33 | 0,75 | 37,6 | 0,95 | 57,91 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 73,3 | 28,2 |
| 34 | 0,75 | 39,5 | 0,97 | 52,66 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 67,1 | 26,3 |
| 35 | 0,75 | 41,5 | 1,0 | 46,79 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 59,9 | 24,1 |
| 36 | 0,75 | 43,8 | 1,04 | 40,54 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 55,9 | 17,8 |
| 37 | 0,75 | 45,6 | 1,07 | 33,71 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 47,1 | 15,2 |
| 38 | 0,85 | 47,9 | 1,26 | 28,79 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 40,8 | 13,6 |
| 39 | 0,66 | 50,3 | 1,03 | 14,25 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 20,3 | 7,2 |
| 40 | 0,75 | 52,5 | 1,23 | 5,99 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 7,8 | 3,8 |



9.2.2.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

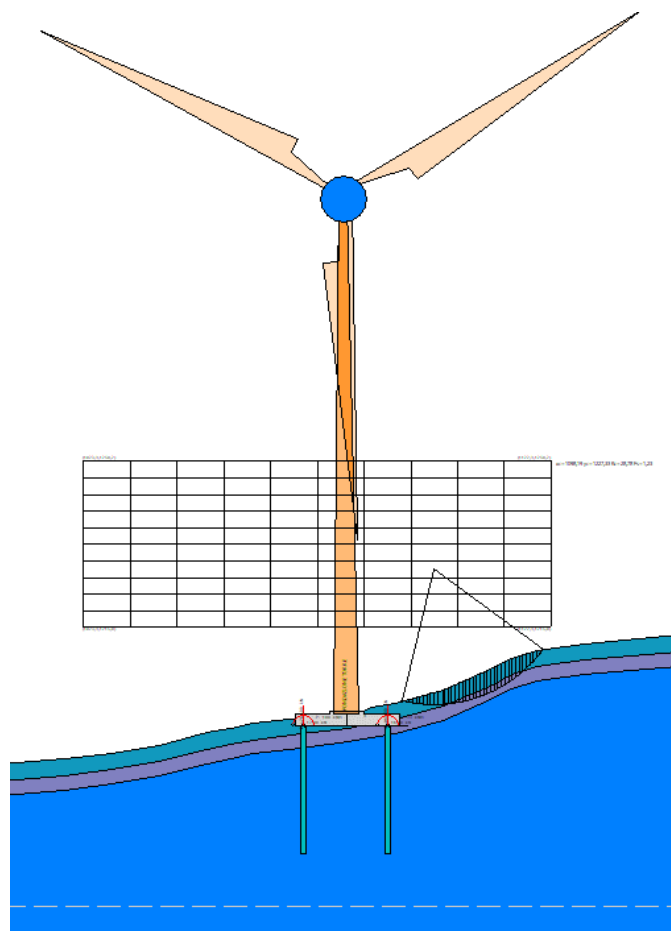
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 1,23 |
| Ascissa centro superficie | 1098,19 m |
| Ordinata centro superficie | 1227,33 m |
| Raggio superficie | 28,78 m |

$$xc = 1098,193 \quad yc = 1227,329 \quad Rc = 28,784 \quad Fs=1,229$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) | Kh•Wi (kN) | Kv•Wi (kN) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (kN) | N'i (kN) | Ti (kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,75 | -12,8 | 0,77 | 2,59 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 2,5 | 1,8 |
| 2 | 0,75 | -11,5 | 0,77 | 7,53 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 6,8 | 3,2 |
| 3 | 0,75 | -10,0 | 0,76 | 12,18 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 10,7 | 4,4 |
| 4 | 0,75 | -8,5 | 0,76 | 16,6 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 14,2 | 5,5 |
| 5 | 0,75 | -6,6 | 0,76 | 20,72 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 17,4 | 6,5 |
| 6 | 0,75 | -5,5 | 0,75 | 24,51 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 20,4 | 7,5 |
| 7 | 0,75 | -3,8 | 0,75 | 28,13 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 23,1 | 8,3 |
| 8 | 0,75 | -2,5 | 0,75 | 31,46 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 25,6 | 9,1 |
| 9 | 0,75 | -1,0 | 0,75 | 34,54 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 27,8 | 9,8 |
| 10 | 0,75 | 0,5 | 0,75 | 37,35 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 48,4 | 16,3 |
| 11 | 1,12 | 2,7 | 1,12 | 60,22 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 77,2 | 25,9 |
| 12 | 0,38 | 3,9 | 0,38 | 21,99 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 28,0 | 9,4 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-----|-----|------|------|-----|------|------|
| 13 | 0,75 | 5,0 | 0,75 | 45,76 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 58,0 | 19,5 |
| 14 | 0,75 | 6,6 | 0,76 | 49,24 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 61,5 | 25,3 |
| 15 | 0,75 | 8,0 | 0,76 | 52,46 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 65,2 | 26,7 |
| 16 | 0,75 | 10,0 | 0,76 | 55,35 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 68,2 | 27,9 |
| 17 | 0,75 | 11,0 | 0,77 | 58,0 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 71,3 | 29,1 |
| 18 | 0,75 | 12,7 | 0,77 | 60,38 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 73,8 | 30,2 |
| 19 | 0,75 | 14,1 | 0,77 | 62,45 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 76,1 | 31,2 |
| 20 | 0,75 | 15,8 | 0,78 | 64,23 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 78,0 | 32,2 |
| 21 | 0,75 | 17,5 | 0,79 | 65,64 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 79,5 | 33,1 |
| 22 | 0,75 | 18,9 | 0,79 | 66,79 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 80,8 | 33,8 |
| 23 | 0,75 | 20,5 | 0,8 | 67,62 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 81,7 | 34,6 |
| 24 | 0,75 | 21,9 | 0,81 | 68,11 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 82,3 | 35,2 |
| 25 | 0,61 | 23,7 | 0,67 | 55,29 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 66,9 | 29,0 |
| 26 | 0,89 | 25,3 | 0,99 | 81,51 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 98,7 | 43,3 |
| 27 | 0,75 | 26,9 | 0,84 | 68,78 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 83,4 | 37,2 |
| 28 | 0,75 | 28,7 | 0,86 | 68,64 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 83,5 | 37,9 |
| 29 | 0,75 | 30,4 | 0,87 | 68,09 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 83,1 | 38,5 |
| 30 | 0,75 | 32,2 | 0,89 | 67,08 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 82,3 | 39,0 |
| 31 | 0,78 | 34,0 | 0,94 | 68,31 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 84,2 | 40,9 |
| 32 | 0,72 | 36,0 | 0,89 | 59,94 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 74,3 | 37,4 |
| 33 | 0,75 | 37,6 | 0,95 | 57,91 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 72,1 | 37,6 |
| 34 | 0,75 | 39,5 | 0,97 | 52,66 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 65,9 | 36,0 |
| 35 | 0,75 | 41,5 | 1,0 | 46,79 | 0,0 | 0,0 | 0,06 | 23,0 | 0,0 | 58,7 | 34,0 |
| 36 | 0,75 | 43,8 | 1,04 | 40,54 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 55,0 | 26,0 |
| 37 | 0,75 | 45,6 | 1,07 | 33,71 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 46,3 | 23,0 |
| 38 | 0,85 | 47,9 | 1,26 | 28,79 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 40,0 | 21,4 |
| 39 | 0,66 | 50,3 | 1,03 | 14,25 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 19,8 | 11,9 |
| 40 | 0,75 | 52,5 | 1,23 | 5,99 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 21,3 | 0,0 | 7,6 | 6,6 |



9.3. RISULTATI SINTETICI

Le verifiche di stabilità globale relative all'interazione opere-pendio, con riferimento alla caratterizzazione geotecnica e sismica desunte dalla relazione geotecnica e sismica, alle scelte tecniche e progettuali innanzi richiamate, per i cui approfondimenti si rimanda ai disegni allegati al progetto, sono da ritenersi soddisfatti in quanto caratterizzati da un FS maggiore di quello previsto dalle vigenti norme (NTC 2018).

Si riporta di seguito tabelle esplicative dei risultati sintetici connessi alle verifiche di stabilità globale:

| RISULTATI ANALISI DI STABILITA' GLOBALE | | | | |
|---|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Condizione | SLV | | SLU | |
| | metodo di calcolo | | metodo di calcolo | |
| | Bishop | Janbu | Bishop | Janbu |
| Drenata | 1,33 | 1,25 | 1,32 | 1,23 |

10. CONCLUSIONI

Alla luce delle analisi effettuate nei capitoli precedenti, è possibile affermare quanto segue.

Dall'analisi dei PAI, riportati al punto 4.4 della presente, si è visto che aerogeneratori WTG 1, WTG 2, WTG 3 e WTG 4 ricadono in Area a rischio frana – R2 (rischio medio), disciplinata all'art.13 delle Norme del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, la verifica di eventuali rischi assoluti viene demandata ai Comuni.

Pertanto, al fine di dimostrare la compatibilità dell'intervento, si è eseguita la verifica di stabilità globale dell'aerogeneratore WTG 04, che presenta una pendenza media del 20%

In particolare, le verifiche di stabilità globale relative all'interazione opere-pendio sono da ritenersi soddisfatte in quanto caratterizzate da un FS maggiore di quello previsto dalle vigenti norme (NTC 2018).

Il Cavidotto MT, lungo il suo percorso, interessa area a rischio frana R1 (rischio moderato), R2 (rischio medio), R4 (rischio molto elevato), aree ad elevata probabilità di esondazione e la piena ordinaria del Fiume Savio. Alcuni tratti di nuova viabilità e viabilità esistente da potenziare interessano area a rischio frana R2 (rischio medio).

La scelta del tracciato del Cavidotto MT è condizionata principalmente dal voler usufruire la viabilità esistente (evitando ulteriori sottrazioni di suolo agricolo/naturale) per collegarsi alla Rete di A.T. di E-Distribuzione (CP di Quarto di Sarsina) con uno stallo a 132 kV. Pertanto, il cavidotto sarà posato principalmente al di sotto della viabilità esistente tramite tecniche non invasive e con il ripristino dello stato dei luoghi. Inoltre, per l'attraversamento dei corsi d'acqua, il cavidotto sarà posato senza creare ostacolo e/o alterare il normale deflusso dei corpi idrici interessati; per ulteriori approfondimenti riguardo la tipologia di tecnica utilizzata si rimanda al documento 224309_D_R_0420 Relazione idrologica ed idraulica. Gli interventi previsti per la nuova viabilità e per il potenziamento di quella esistente, si evidenzia, che riguardano (ove possibile in base all'orografia ed alla natura del terreno) un tracciato stradale già esistente da adeguare.

Inoltre si è evidenziato che, **ai sensi dell'art 12 del Decreto Legislativo n° 387/ 03:**

*1. Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono **di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti.***

*3. La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, ovvero, per impianti con potenza termica installata pari o superiore ai 300 MW, dal Ministero dello sviluppo economico, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, **variante allo strumento urbanistico.***

Ciò detto circa l'ammissibilità degli interventi, dal punto di vista della sicurezza del territorio, si è evidenziato che la realizzazione degli elettrodotti interrati, non altera la naturale morfologia del terreno in sito e tanto meno la distribuzione delle masse del pendio potenzialmente instabile. Di fatto i movimenti di terra e gli scavi previsti per la realizzazione delle opere in esame sono generalmente di modesta entità, come si può notare dai dettagli costruttivi riportati in allegato.

Tenuto, infine, conto dell'esistenza di forme dovute ad azioni erosive superficiali sia di tipo lineare che areale dovute essenzialmente alle precipitazioni meteoriche, è possibile anche introdurre delle opere di mitigazione le cui finalità riguarderanno la limitazione delle erosioni ed il ruscellamento superficiale disordinato delle acque.

Pertanto, la verifica svolta circa la compatibilità delle opere in progetto rispetto alla tutela della sicurezza geomorfologica dell'area ha consentito di accertare, fatte salve le valutazioni in merito da parte dell'autorità competente, che il Progetto risulti compatibile con le condizioni geomorfologiche del territorio in esame.

11. ALLEGATI

- 224309_D_D_0220 Corografia d'inquadramento;
- 224309_D_D_0232 Screening dei vincoli – A.D.B.;
- 224309_D_R_0405 Relazione geologica e geotecnica;
- 224309_D_D_0372 Dettagli costruttivi Cavidotto MT;
- 224309_D_D_0373 Dettagli costruttivi Cavidotto AT.

