



Regione Puglia
 Provincia di Foggia
 Comuni di Sant'Agata di Puglia e Accadia



Proposta di ammodernamento complessivo (“repowering”) del “Parco Eolico Sant’Agata” esistente da 72MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l’installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW

Titolo:

1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

Numero documento:

Commissa	Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2 2 4 3 0 2	D	R	0 1 2 7	0 0

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.AGATA S.R.L.
 Piazza del Grano 3
 39100 Bolzano (BZ)
fri-el_s.agata@legalmail.it
 P. Iva/Cod. Fisc. 02380420212

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
 Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
 INTEGRATED ENGINEERING SERVICES



Certification Approval N. 20720/A/001/EN/UKAS

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo





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

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	14.10.2022	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	C. ELIA E. FICETOLA	D. LO RUSSO	M. LO RUSSO

INDICE

1. PREMESSA	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3. UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	4
4. PIANIFICAZIONE SETTORIALE.....	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE.....	10
5.1. GEOLOGICO E STRUTTURALE.....	10
5.1.1. GEOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO.....	12
5.2. GEOMORFOLOGICO.....	13
5.3. IDROGEOLOGICO.....	18
5.4. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA.....	19
6. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ COL PAI.....	20
7. ANALISI ALTERNATIVE LOCALIZZATIVE DELL'INTERVENTO.....	21
7.1. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	21
8. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LA SICUREZZA DEL TERRITORIO.....	24
8.1. IMPIANTO EOLICO	24
8.2. CAVIDOTTO MT.....	24
8.3. STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA, IMPIANTO DI UTENZA E DI RETE PER LA CONNESSIONE.....	25
9. STABILITÀ DELL'AREA.....	25
9.1. DESCRIZIONE STATO DEI LUOGHI E INTERVENTO DI PROGETTO.....	25
9.2. GENERALITÀ.....	27
9.3. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	28
9.4. METODO DI CALCOLO.....	29
9.5. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	30
10. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA (WTG SGP10 NEW)	32
10.1. GEOMETRIA, CARICHI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO.....	32
10.2. RISULTATI ANALISI STABILITÀ IN CONDIZIONI DRENATE.....	35
10.2.1. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (COMBINAZIONE SISMA).....	35
10.2.1.1. METODO DI BISHOP.....	36
10.2.1.2. METODO DI JAMBU.....	39
10.2.2. STATO LIMITE ULTIMO (COMBINAZIONE A2+M2+R2).....	42
10.2.2.1. METODO DI BISHOP.....	43
10.2.2.2. METODO DI JAMBU.....	46
11. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA (WTG SG15 NEW).....	49
11.1. GEOMETRIA, CARICHI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO.....	49
11.2. RISULTATI ANALISI STABILITÀ IN CONDIZIONI DRENATE.....	51
11.2.1. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (COMBINAZIONE SISMA).....	51
11.2.1.1. METODO DI BISHOP.....	52
11.2.1.2. METODO DI JAMBU.....	55
11.2.2. STATO LIMITE ULTIMO (COMBINAZIONE A2+M2+R2).....	58
11.2.2.1. METODO DI BISHOP.....	59

	<p style="text-align: center;">1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p style="text-align: center;">STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Proposta di ammodernamento complessivo (“repowering”) del “Parco Eolico Sant’Agata” da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l’installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00		

11.2.2.2. METODO DI JAMBU.....	62
11.3. RISULTATI SINTETICI	65
12. CONCLUSIONI.....	66

1. PREMESSA

Oggetto del presente studio è l'**ammodernamento complessivo (repowering) di un impianto eolico esistente, sito nel Comune di Sant'Agata di Puglia (FG)**, connesso alla Stazione RTN di Accadia (FG), realizzato con le Concessioni edilizie rilasciate dal Comune di Sant'Agata di Puglia (FG), n. 24 del 16/12/2003 e n. 4667 del 20/06/2005, e dal Comune di Accadia (FG): n.02 del 13/04/2005, di proprietà della società Fri – El St. Agata srl.

L'impianto eolico esistente è costituito da 36 aerogeneratori, ciascuno con potenza di 2 MW, per una potenza totale di impianto pari a 72 MW, diviso in due sottocampi da 20 e 16 aerogeneratori, localizzati rispettivamente in località Ciommarino – Viticone - Palino e in località Piano d'Olivola Pezza del Tesoro, nel Comune di Sant'Agata di Puglia (FG), con opere di connessione ricadenti anche nel Comune di Accadia (FG), in quanto il cavidotto in media tensione interrato raggiunge la Stazione Elettrica di Utenza 150/30 kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale nel Comune di Accadia. L'impianto eolico appena descritto è definito nel seguito **"Impianto eolico esistente"**.

L'ammodernamento complessivo dell'impianto eolico esistente consta invece nell'installazione di 17 aerogeneratori con potenza unitaria di 6,8 MW, per una potenza totale pari a 115,6 MW, da realizzare nel medesimo sito. Le opere di connessione restano le medesime dell'impianto eolico esistente, a meno della sostituzione dei cavidotti interrati MT e dell'ammodernamento di due stalli trasformatori all'interno della Stazione Elettrica di Utenza. Il Progetto, nella configurazione innanzi descritta, viene definito nel seguito **"Progetto di ammodernamento"**.

Il presente documento costituisce lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica, dimostrante la compatibilità del Progetto di ammodernamento con quanto previsto dal P.A.I. (norme di attuazione e misure di salvaguardia) e con la sicurezza del territorio.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 1MTGFJ4_ElaboratoGrafico_0_01 Corografia d'inquadramento,
- 1MTGFJ4_ElaboratoGrafico_0_03 Screening dei vincoli (Impianto eolico esistente da demolire) - AdB PAI,
- 1MTGFJ4_RelazioneGeologica Relazione geologica del progetto definitivo,
- 1MTGFJ4_RelazioneGeotecnica Relazione geotecnica del progetto definitivo,
- 1MTGFJ4_ElaboratoGrafico_1_08 Planimetria con sezioni trasversali e longitudinali - SGP10 NEW,
- 1MTGFJ4_ElaboratoGrafico_1_19 Planimetria con sezioni trasversali e longitudinali - SG15 NEW,
- 1MTGFJ4_ElaboratoGrafico_2_01 Dettagli costruttivi Cavidotto MT.

3. UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il Progetto di ammodernamento è realizzato nell'ambito dello stesso sito in cui è localizzato l'impianto autorizzato ed in esercizio "Parco Eolico Sant'Agata", dove per stesso sito si fa riferimento alla definizione introdotta dall'art. 32, comma 1 del D.L. n.77/2021 che aggiunge il comma 3-bis all'art. 5 del D. Lgs. N. 28/2011.

In particolare, il Parco eolico (aerogeneratori, piazzole e viabilità d'accesso agli aerogeneratori) ricade interamente nel Comune di Sant'Agata di Puglia (FG) mentre il cavidotto MT attraversa anche il Comune di Accadia (FG) per collegare il suddetto impianto alla Stazione Elettrica di Utenza 150/30 kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione con uno stallo a 150 KV alla Stazione RTN di smistamento 150 kV, ubicata nel Comune di Accadia (FG).

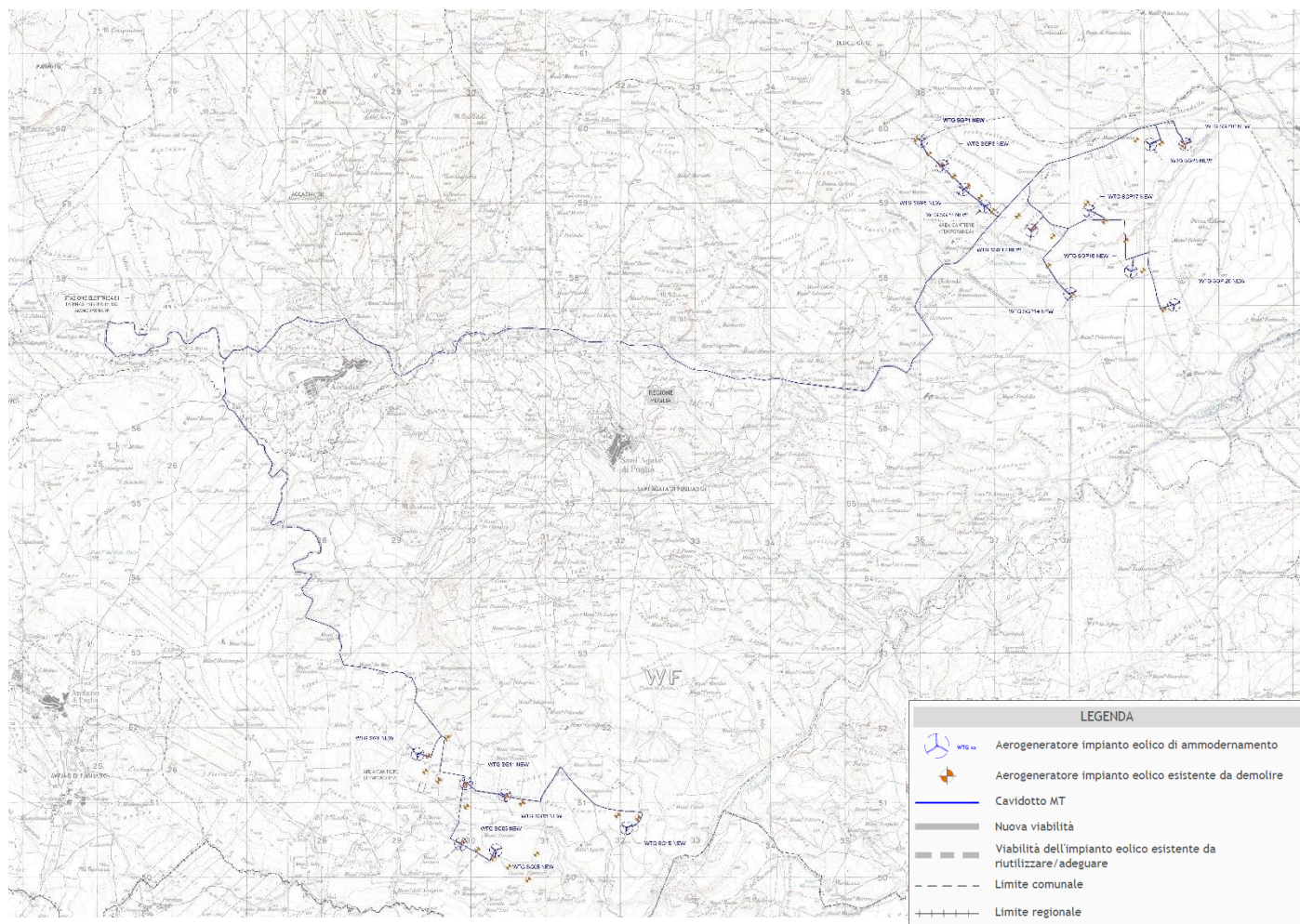


Figura 1 – Corografia d'inquadramento

Si riportano di seguito le coordinate in formato UTM (WGS84) del **Progetto di ammodernamento** 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 SGP1NEW	535.952,0	4.559.648,0	Sant'Agata di Puglia	10	121
WTG SGP3NEW	536.234,5	4.559.307,3	Sant'Agata di Puglia	10	229
WTG SGP5NEW	536.508,7	4.558.998,1	Sant'Agata di Puglia	10	221
WTG SGP7NEW	536.791,5	4.558.771,0	Sant'Agata di Puglia	10	284
WTG SGP8NEW	539.010,0	4.559.598,5	Sant'Agata di Puglia	11	128
WTG SGP10NEW	539.481,1	4.559.599,4	Sant'Agata di Puglia	11	397
WTG SGP12NEW	537.421,8	4.558.449,8	Sant'Agata di Puglia	11	385
WTG SGP14NEW	537.940,0	4.557.605,0	Sant'Agata di Puglia	12	433
WTG SGP17NEW	538.191,0	4.558.710,0	Sant'Agata di Puglia	11	276-383
WTG SGP18NEW	538.753,0	4.557.903,0	Sant'Agata di Puglia	12	93-94
WTG SGP20NEW	539.328,0	4.557.453,0	Sant'Agata di Puglia	13	72-229

AEROGENERATORE	COORDINATE AEROGENERATORE UTM (WGS84) - FUSO 33		Identificativo catastale		
	Long. E [m]	Lat. N [m]	Comune	Foglio	Particella
WTG SG01NEW	529.214,8	4.551.457,5	Sant'Agata di Puglia	67	395
WTG SG03NEW	529.792,5	4.550.256,4	Sant'Agata di Puglia	71	560-562
WTG SG05NEW	530.259,6	4.550.173,3	Sant'Agata di Puglia	71	558
WTG SG11NEW	529.864,0	4.551.068,0	Sant'Agata di Puglia	72	50-144
WTG SG13NEW	530.375,9	4.550.907,6	Sant'Agata di Puglia	73	88
WTG SG15NEW	532.005,2	4.550.472,5	Sant'Agata di Puglia	71	568

4. PIANIFICAZIONE SETTORIALE

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'**Appennino Meridionale**, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della Puglia, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.



L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

Il **Progetto di ammodernamento** ricade nell'ambito di competenza dell'**ex Autorità di Bacino Interregionale Puglia (oggi UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto)**.

Tale autorità si è dotata del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Il Piano di Bacino ha valore di Piano Territoriale di Settore e costituisce il documento di carattere conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato, che deve essere predisposto in attuazione della Legge 183/1989 quale strumento di governo del bacino idrografico.

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'ex **Autorità di Bacino della Puglia** è stato adottato il 15 dicembre 2004, approvato con Delibera del C.I. n° 39 del 30 novembre 2005 e pubblicato sulla G.U. n.8 del 11.01.2006.

Le finalità del Piano sono:

- a) la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- b) la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- c) l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- d) la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;
- e) la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- f) la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

In particolare, il P.A.I. definisce le aree caratterizzate da un significativo livello di pericolosità idraulica, in funzione del regime pluviometrico e delle caratteristiche morfologiche del territorio, secondo le classi che seguono:

- aree ad alta probabilità di inondazione: porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) inferiore a 30 anni;
- aree a media probabilità di inondazione: porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 30 anni e 200 anni;
- aree a bassa probabilità di inondazione: porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 200 anni e 500 anni;

Inoltre, il territorio è stato suddiviso in tre fasce a pericolosità geomorfologica (PG) crescente:

- area a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3): porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti
- area a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2): porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata;
- area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1): porzione di territorio caratterizzata da bassa suscettività geomorfologica all'instabilità;



Il Piano definisce, infine, il Rischio idraulico (R) come Entità del danno atteso correlato alla probabilità di inondazione (P), alla vulnerabilità del territorio (V), al valore esposto o di esposizione al rischio (E) determinando:

- aree a rischio molto elevato – R4;
- aree a rischio elevato – R3;
- aree a rischio medio – R2;
- aree a rischio basso – R1.

La Giunta Regionale della Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese. La Carta Idrogeomorfologica della Puglia ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo.

I temi rappresentati nella Carta sono i seguenti:

- Elementi geologico-strutturali;

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

- Pendenze;
- Orografia;
- Batimetria;
- Forme di versante;
- Forme di modellamento di corso d'acqua;
- Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale;
- Bacini idrici;
- Forme carsiche;
- Forme ed elementi di origine marina;
- Forme ed elementi di origine antropica;
- Singolarità di interesse paesaggistico;
- Limiti amministrativi.

Con riferimento al Progetto di ammodernamento, è stata effettuata l'**analisi della cartografia allegata al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (P.A.I.) e della Carta Idrogeomorfologica**. Di seguito, si riporta uno stralcio cartografico significativo.

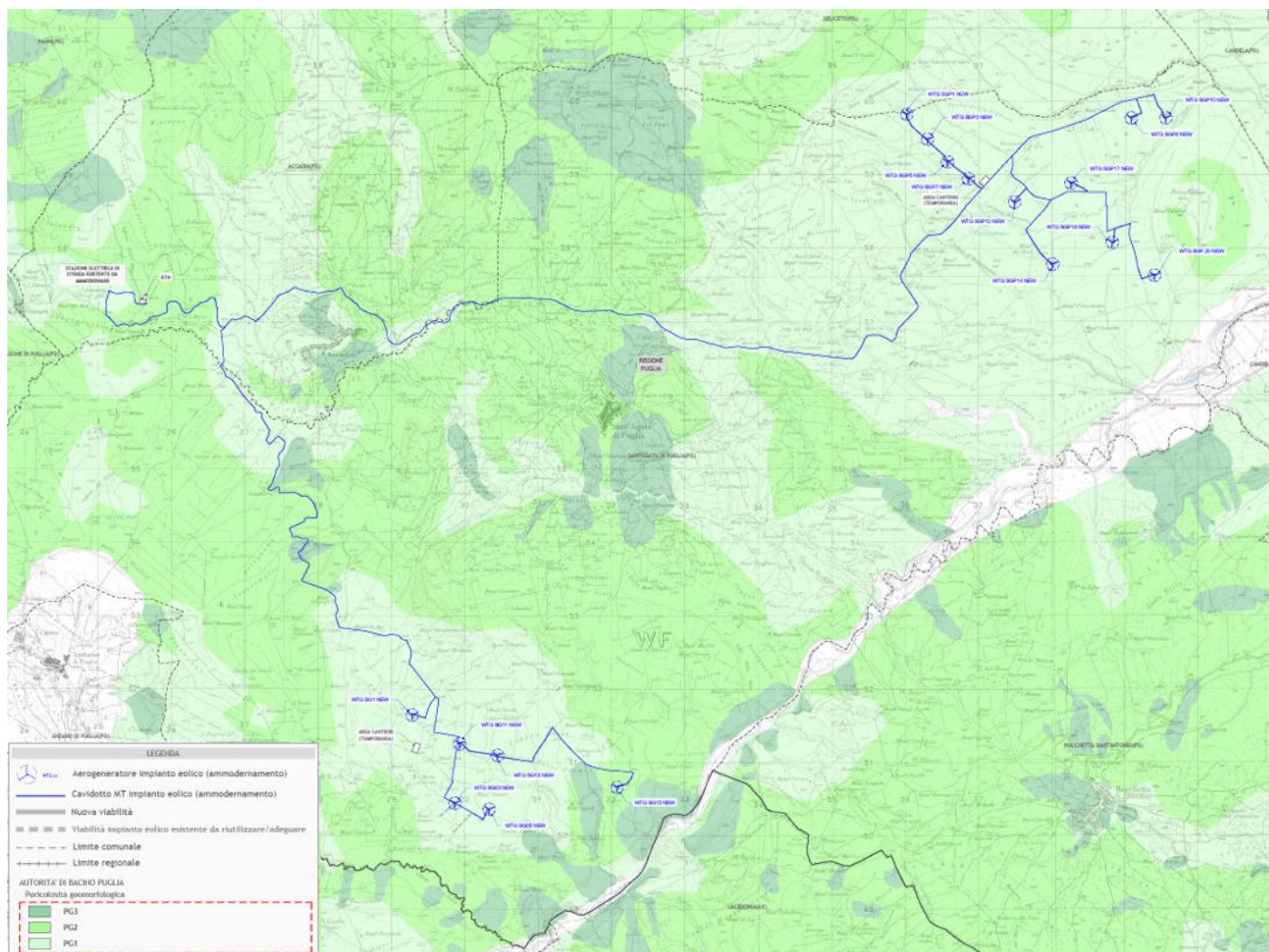


Figura 2 – Stralcio cartografico Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – Pericolosità geomorfologica - AdB Puglia _ Progetto di ammodernamento

Dalla sovrapposizione del Progetto di ammodernamento con la cartografia sopra riportata si evince quanto segue:

- tutti gli aerogeneratori, con relative piazzole e viabilità d'accesso, a meno dell'aerogeneratore WTG SG15, ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1);
- l'aerogeneratore WTG SG15, con relativa piazzola e viabilità d'accesso, ricade all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2);
- il cavidotto MT interrato attraversa aree a pericolosità molto elevata (P.G.3), elevata (P.G.2) e media e moderata (P.G.1);
- la Stazione Elettrica di Utenza, l'impianto d'utenza e di rete per la connessione, esistenti, ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2).

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

Il presente capitolo riporta una descrizione semplificata e riassuntiva di quanto approfondito nell'ambito della Relazione geologica del progetto definitivo e della Relazione geotecnica del progetto definitivo, alle quali si rimanda:

- 1MTGFJ4_RelazioneGeologica Relazione geologica del progetto definitivo,
- 1MTGFJ4_RelazioneGeotecnica Relazione geotecnica del progetto definitivo.

5.1. 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.



Dal punto di vista geostrutturale questo settore appartiene al dominio di Avanfossa adriatica nel tratto che risulta compreso tra i Monti della Daunia e l'altopiano delle Murge.

L'Avanfossa, bacino adiacente ed in parte sottoposto al fronte esterno della Catena appenninica, si è formata a partire dal Pliocene inferiore per progressivo colamento di una depressione tettonica allungata NW-SE, da parte di sedimenti clastici; questo processo, sia pure con evidenze diacroniche, si è concluso alla fine del Pleistocene con l'emersione dell'intera area.



Figura 3 – Schema dei principali domini geodinamici: 1) Limite delle Unità Appenniniche Alloctone; 2) Catena Appenninica ed Arco Calabro; 3) Avanfossa; 4) Avampaese Apulo-Garganico; 5) Bacini Plio-Pleistocenici – Fonte: Zezza et al., 1984)

Il basamento del Tavoliere come pure di gran parte della regione Puglia è caratterizzato da una potente serie carbonatica di età mesozoica costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie, su cui poggiano le coperture plio- pleistoceniche ed oloceniche costituite in particolare da depositi argillosi con livelli di argille sabbiose, con una potenza variabile e decrescente dal margine appenninico verso il Mare Adriatico compresa tra 1000 e 200 metri. L'intera area è inoltre solcata con direzione NO-SE dalle incisioni dei bacini idrografici dei Torrenti Cervaro e Carapelle. L'Appennino Dauno e la Fossa Bradanica fanno parte di un più esteso sistema di foreland thrust belt riconosciuto dal Molise fino al confine calabro-lucano (Mostardini & Merlini, 1986).

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

Il margine esterno della catena è stato strutturato dai più recenti sovrascorrimenti sui carbonati dell'Avampaese apulo e questi, a loro volta, nella loro migrazione verso Est, hanno dapprima dato origine ad una Avanfossa, la Fossa Bradanica appunto, e successivamente ne hanno controllato la sedimentazione nel corso del Pliocene e di parte del Pleistocene. La geometria del margine interno della Fossa Bradanica è strettamente dipendente dallo sviluppo della catena sud-appenninica sulla placca apula in subduzione verso O-SO; sia la Catena che l'Avanfossa sono attraversate infatti da faglie di trasferimento ad andamento antiappenninico, che individuano diversi blocchi. Due di queste strutture trasversali importanti sono quella della linea del T. Cervaro e della linea del T. Carapelle.

La diversa evoluzione tardo quaternaria del territorio in studio è messo in evidenza anche dalla differente distanza tra il margine interno della Fossa Bradanica ed il fronte compressivo appenninico nei tre blocchi limitati dalle strutture disgiuntive. Il blocco centrale, per il quale è evidente in affioramento la posizione del thrust che ha realizzato l'accavallamento sulle unità bradaniche, è stato anche caratterizzato da un significativo e rapido sollevamento, realizzatosi in più fasi fino al termine del Pleistocene inferiore-inizio Pleistocene medio. La diversità dell'evoluzione dei movimenti verticali è testimoniata anche dalla presenza di morfologie acclive nel blocco centrale rispetto a quelle dei blocchi nord-occidentale e sud-orientale. L'insieme dei dati stratigrafici relativi all'età delle argille subappenniniche bradaniche e di quelli geodinamico-tettonici che scandiscono l'evoluzione dei tre blocchi permette di attribuire l'inversione di tendenza tra le ultime fasi di subsidenza delle aree di Avanfossa e l'inizio delle fasi di sollevamento ad un limite cronologico che separa i depositi marini appartenenti al ciclo sedimentario subsidente della Fossa Bradanica da quelli che caratterizzano le facies continentali del sollevamento, le quali sono state raggruppate nel Tavoliere di Puglia. L'Unità Tettonica della Daunia è stata riconosciuta corrispondente alla porzione di catena più esterna, nella quale sono state distinte tre unità litostatigrafiche, rappresentate dal Flysch Rosso, Flysch di Faeto e dalle marne argillose di Toppo Capuana, con un intervallo di tempo che va dal Cretacico al Miocene medio-superiore.

Dal punto di vista paleogeografico le formazioni appartenenti all'Unità della Daunia occupano la porzione più esterna del locale margine appenninico, esse derivano dalla deformazione delle successioni più interne riferibili al Bacino Lagonegrese-Molisano (Mostardini & Merlini, 1986) a seguito della migrazione del fronte compressivo della Catena, realizzatasi alla fine dell'Oligocene. Si delinea di conseguenza un nuovo bacino, il Bacino Irpino, limitato ad Est dai carbonati della Piattaforma Apula, nel quale si depositano spessori rilevanti di torbiditi, che sono silicoclastiche e provengono dalla Catena in sollevamento nei settori più interni, mentre sono calciclastiche quelle più esterne a causa degli apporti da aree carbonatiche della Piattaforma Apula.

L'elemento evolutivo di connessione tra il Bacino Lagonegrese-Molisano e quello Irpino è rappresentato dalla continuità stratigrafica tra il flysch numidico ed il flysch di Faeto.



Nel Tortoniano altre fasi deformative coinvolgeranno le unità dell'Avanfossa miocenica nella struttura appenninica. Sulle unità già deformate si accumulano in discordanza i depositi arenacei tortoniano-messiniani di Deliceto. In alcuni punti sull'Unità della Daunia si formano nel corso del Pliocene inferiore e medio alcuni limitati bacini genericamente raggruppati nell'Unità di Ariano Irpino (D'Argenio et alii, 1973) caratterizzati da terrigeni di provenienza appenninica.

Quando nel corso del Pliocene inferiore, durante la fase terminale della strutturazione della Catena, lungo il suo bordo orientale si forma la Fossa Bradanica, si osserva che la sua parte interna e inferiore è caratterizzata dalla deposizione di torbide terrigene sabbioso-siltose, mentre nella parte esterna si riscontra la sedimentazione dell'Unità delle argille subappenniniche.

L'evoluzione sedimentaria e tettonica della Fossa si conclude, alla fine di una fase regressiva medio-pleistocenica, con l'emersione dell'area del Tavoliere di Puglia.

La porzione adriatica della Fossa Bradanica rappresenta un foreland bacino, sviluppato sulla rampa regionale dell'avampaese: l'Avanfossa migra verso oriente per effetto combinato dell'arretramento e abbassamento della rampa carbonatica e dell'avanzamento verso Est delle strutture compressive appenniniche.

Il bacino bradanico si presenta asimmetrico, con un margine appenninico molto acclive ed il margine esterno con minima pendenza;

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

la sedimentazione risente di questa asimmetria ed è perciò diversificata sia per le facies dei depositi, per i loro spessori ed anche per le differenze composizionali mineralogiche e petrografiche. La sedimentazione pelagica nel Bacino prosegue anche per parte del Pleistocene inferiore, con caratteri di progressiva regressione testimoniati da facies siltose con foraminiferi bentonici di piattaforma.

Verso la fine del Pleistocene inferiore l'evoluzione del sistema Avanfossa-Avampaese produce una importante modifica del bacino, che da fortemente subsidente, si evolve in area a rapido sollevamento, con una graduale regressione verso la linea di costa adriatica. Con il progressivo ampliamento di aree emerse verso oriente, si vengono a creare dei depositi sabbioso-conglomeratici regressivi in facies di spiaggia, sempre più recenti verso oriente. Tali depositi sono conservati in modesti lembi solo nella zona del centro abitato di Ascoli Satriano, altrove i loro esigui spessori sono stati asportati dall'erosione.

L'evoluzione tardo quaternaria di questo tratto di Tavoliere è condizionata dai processi morfogenetici del Pleistocene medio e superiore, durante i quali, in relazione anche a variazioni cicliche del clima, si alternano fasi deposizionali a fasi erosionali.

Durante i periodi di accumulo sedimentario si formano numerose conoidi alluvionali, inoltre la ciclicità di episodi di sedimentazione e di fasi erosive ha determinato la formazione di diversi ordini di depositi alluvionali terrazzati discordanti sulle argille marine, a volte caratterizzati da una porzione basale con caratteri di facies di spiaggia.

5.1.1. GEOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO

Dalla disamina delle carte geologiche in scala 1:100.000 – Fogli n. 174 (Ariano Irpino) e 175 (Cerignola) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e dal rilevamento geologico eseguito in fase di sopralluogo si evince che l'intero parco eolico e le relative opere connesse attraversa una serie di formazioni geologiche delle quali di seguito si descrivono le caratteristiche principali e a quali elementi del parco corrispondono:

- (Qe) – Quaternario – Alluvioni recenti e attuali, superfici spianate spesso residue di antiche morfologie fluviali, ricoperte da terreni eluviali misti ad elementi vulcanici – (WTG SG1 – WTG SG03 – WTG SG05 – WTG SG11 – WTG SG 13 – Porzione di cavidotto)
- (Pa) – Pliocene – Argille e argille sabbiose grigie e giallastre. – (Aerogeneratori WTG SGP1 – WTG SGP3 – WTG SGP5 – WTG SGP7 – WTG SGP12 – WTG SGP14 – Porzione di cavidotto)
- (bcD) – Miocene – Formazione della Daunia – Breccie e brecciole, calcareniti alternate a marne ed argille varicolori; argille e marne siltose, calcari pulverulenti, arenarie giallastre e puddinghe poligeniche – (Stazione elettrica di utenza, Stazione RTN – Porzione di cavidotto)
- (i) – Complesso indifferenziato – Argille e marne prevalentemente siltose, grigie e varicolori con intercalazioni di strati calcarei, calcareo marnosi e calcarenitici - (Porzione di cavidotto – Aerogeneratori WTG SG15)
- (Qt2) – Pleistocene – Ghiaie sabbiose e sabbie localmente torbose, terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle – (Aerogeneratore WTG SGP18 – WTG SGP20 – Porzione di cavidotto)
- (Qc1) - Pleistocene – Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni, a volte fortemente cementate con intercalazioni di sabbie ed arenarie. (Aerogeneratori WTGSGP 08 – WTG SGP10 - Porzione di cavidotto)
- (PQa) – Pliocene - Calabriano – Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose. – (Aerogeneratore WTG SGP17 - Porzione di cavidotto)

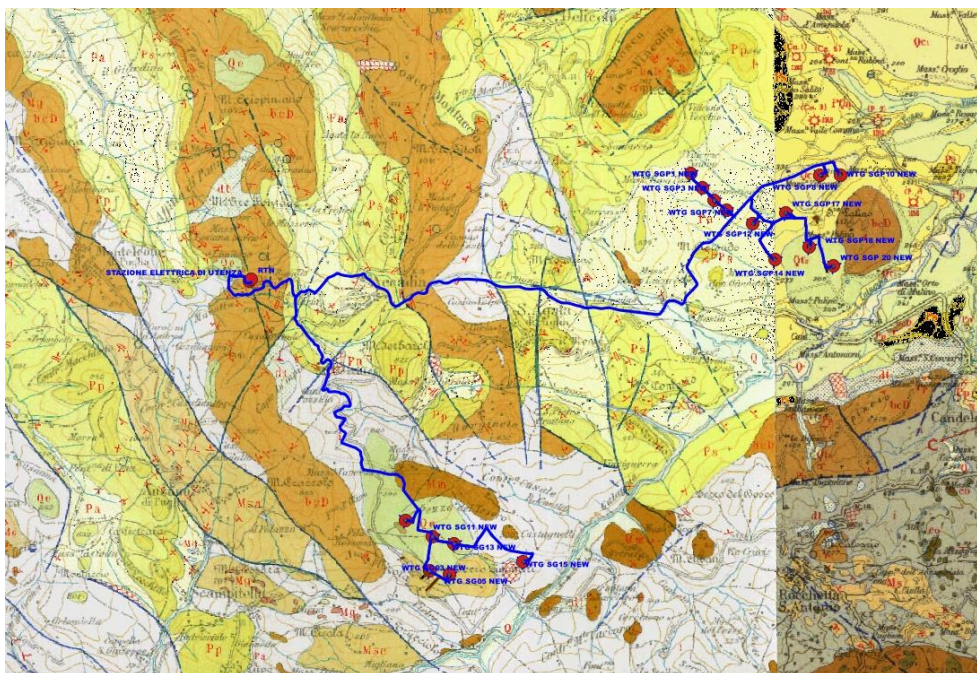


Figura 4 – Stralcio Carte Geologiche (1:100.000) d'Italia foglio Campobasso n.162 Foglio 174 Ariano Irpino – Foglio 175 Cerignola con ubicazione dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto eolico

In allegato si riporta lo stralcio della carta geologica con individuazione dell'impianto eolico in esame.

5.2. GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame si colloca all'interno del Tavoliere delle Puglie che coincide con il tratto dell'Avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avampaese Apulo, più precisamente corrisponde all'area compresa fra i Monti della Daunia, il Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge.

Esso rappresenta una pianura lievemente ondulata caratterizzata da vaste spianate che digradano debolmente verso mare a partire dalle quote più alte del margine appenninico.

In particolare si possono distinguere da ovest verso est ben cinque distretti morfologici: un'area collinare, una zona a ripiani, una vasta piana alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale. La prima zona, che borda, a guisa di fascia, il margine orientale appenninico, è rappresentata da rilievi collinari, posti a 300-400 m di quota, sui cui versanti affiorano le argille del Calabriano.

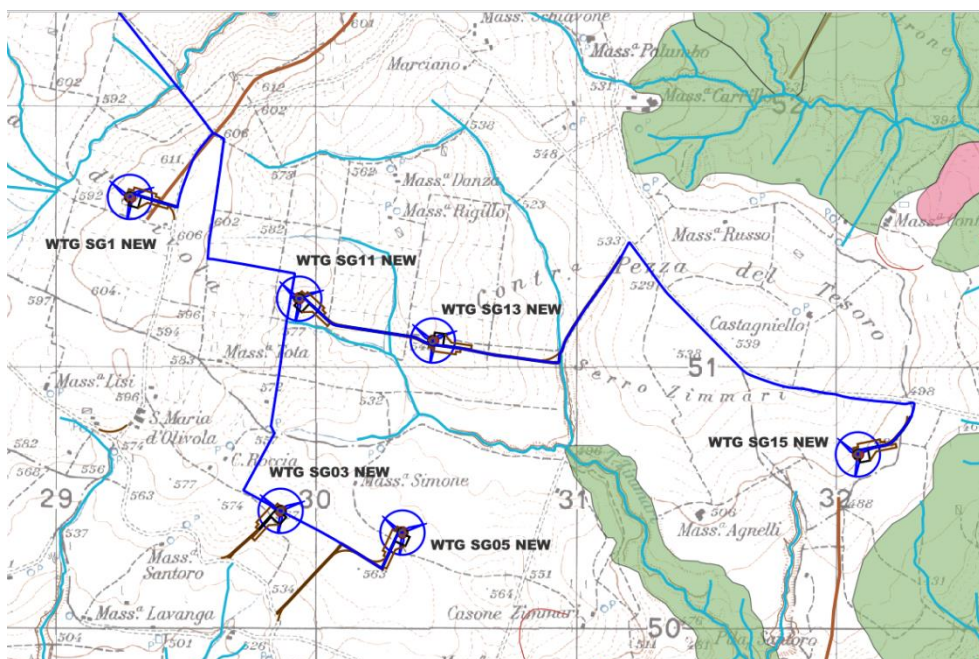


Figura 6 – Stralcio Carta IGM con ubicazione degli aerogeneratori WTG SG 01 – WTG SG 03 – WTG SG 05 – WTG SG 11 – WTG SG 13 e WTG SG 15

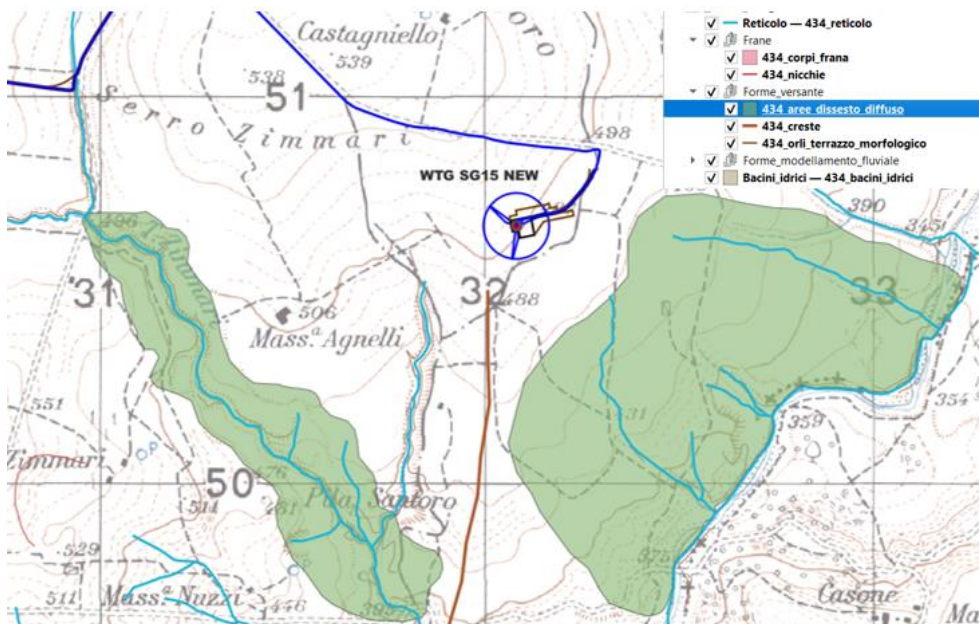


Figura 7 – Stralcio Carta IGM con ubicazione dell'aerogeneratore WTG SG 15

Il secondo settore del parco eolico è ubicato a circa 5 km a nord est dell'abitato di Sant'Agata di Puglia. In particolare, gli aerogeneratori WTG SGP1 – WTG SGP3 – WTG SGP 5 – WTG SGP 7 - WTG SGP 12 e WGT SGP 17 si sviluppano lungo la piana della Capra, in sinistra orografica del vallone Carnevaletto; essi sono ubicati lungo un terrazzo morfologico di 1° ordine alle quote comprese tra 345 e 420 metri sul livello del mare, degradante dolcemente verso sud est.

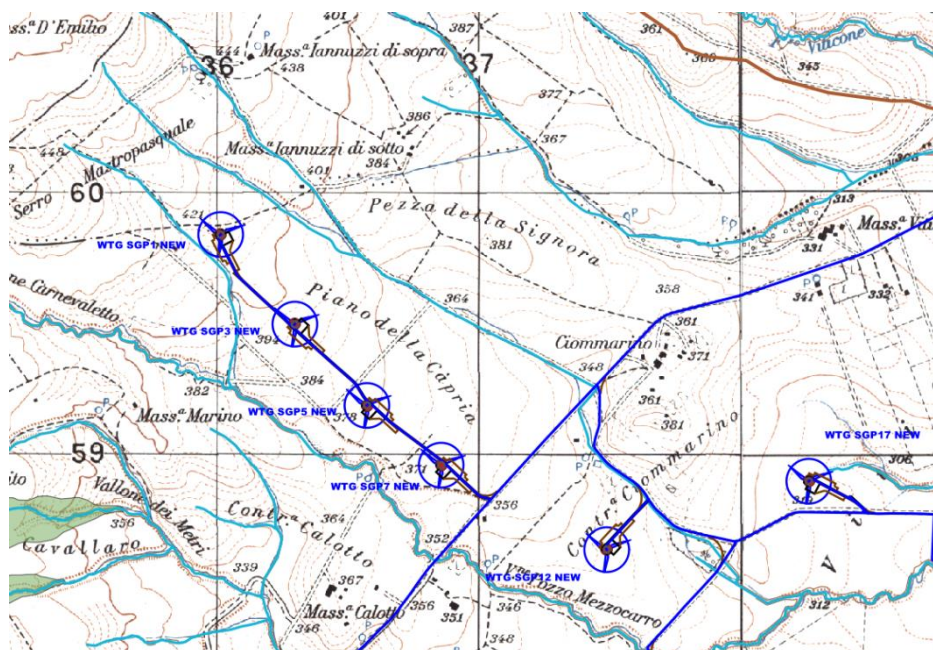


Figura 8 – Stralcio IGM con ubicazione degli aerogeneratori WTG SGP1 – WTG SGP3 – WTG SGP 5 – WTG SGP 7 - WTG SGP 12 e WGT SGP 17

Gli aerogeneratori WTG SGP14 – WTG SGP18 e WTG SGP 20, sono ubicati in destra orografica del Vallone Pozzo Mezzocarro, lungo una superficie terrazzata che degrada con pendenze blande in direzione Nord.

Infine gli aerogeneratori WTG SGP8 e WTG SGP 10 si collocano lungo un terrazzo morfologico orientato in direzione sud ovest nord est, in località Viticone, in sinistra orografica del Canale Colotti.

Tale settore, in definitiva, presenta una morfologia subpianeggiante, omogenea e, in sostanza, stabile, caratterizzato principalmente dalle ripetute incisioni torrentizie a controllo strutturale che defluiscono in direzione nord ovest – sud est, alimentando il torrente Carapelle.

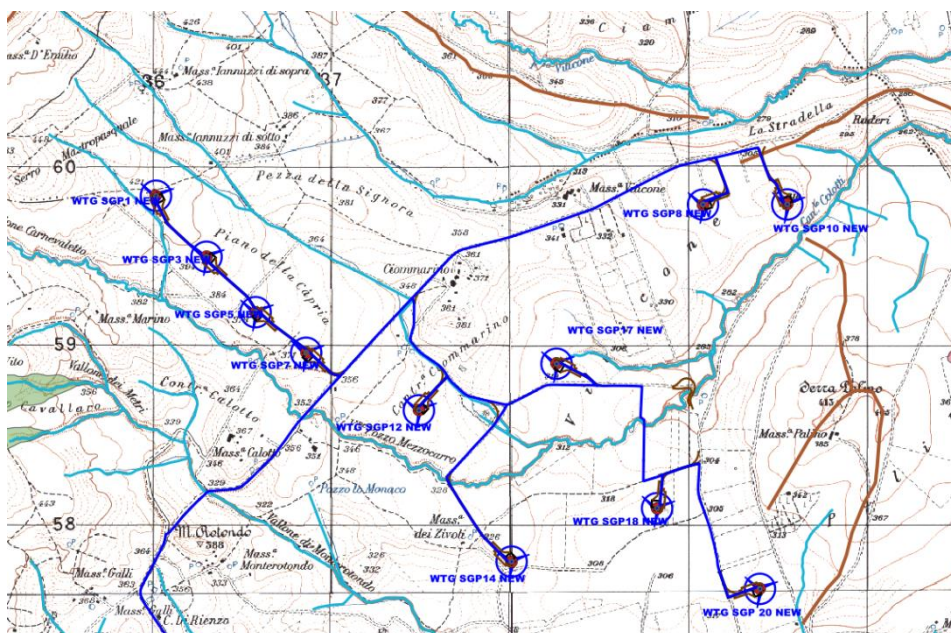


Figura 9 – Stralcio IGM con ubicazione degli aerogeneratori ubicati nel settore a nord est dell'abitato di Sant'Agata di Puglia (FG)

La stazione elettrica di utenza e la stazione RTN sono ubicate a ridosso del crinale denominato “Murge del Cuculo” ad una quota di circa 810 metri sul livello del mare.

Mentre, il cavidotto di progetto, partendo dalla stazione elettrica di utenza, si sviluppa dapprima a sud ovest dell’abitato di Accadia procedendo a sud est verso gli aerogeneratori del primo settore, attraversando forme per lo più tabulari caratterizzate da pendenze blande dell’ordine dei 5°-6°, interessate da forme erosionali, dissesti diffusi e movimenti gravitativi di tipo complesso che si concentrano principalmente lungo le incisioni torrentizie che alimentano il Rio Specca.

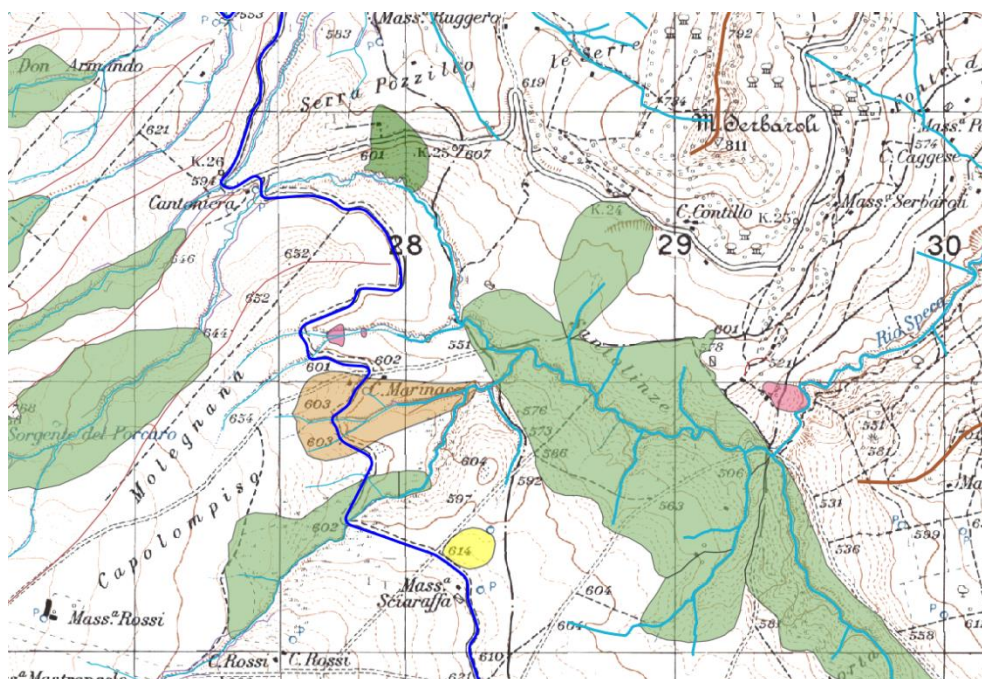


Figura 10 – Stralcio IGM con indicazione del percorso del cavidotto di progetto
Fenomeni gravitativi di tipo complesso e squilibri diffusi cartografati nell’ambito della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia

Il tratto di cavidotto a nord dell’abitato di Accadia, procede in direzione Ovest – Est tra le località Costa dell’Agnello e Contrada di Miscio, costeggiando per buona parte il torrente Frugno, attraversando una serie di corpi di frana cartografate nella carta idrogeomorfologica della regione Puglia, che coinvolgono litologie argilloso limose da poco a moderatamente consistenti.

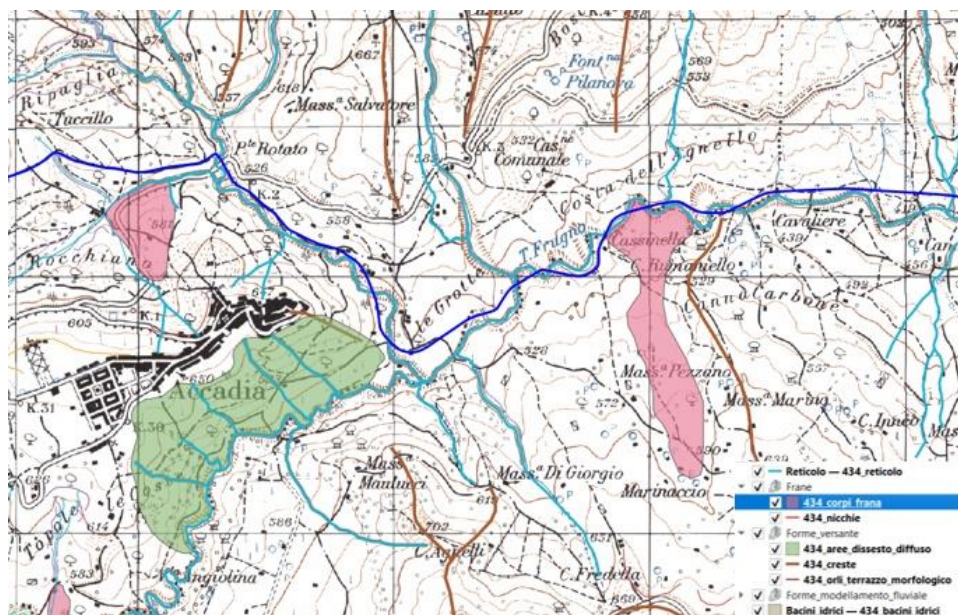


Figura 11 – Stralcio IGM con indicazione del percorso del cavidotto di progetto
Fenomeni gravitativi di tipo complesso e squilibri diffusi cartografati nell’ambito della
Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia

Infine, in località Contrada di Miscio, attraversa il torrente Frugno e procede alla base dei versanti collinari Serro Lucarelli e Monte Rotondo, congiungendosi con gli aerogeneratori presenti nel secondo settore.

5.3. IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, i complessi idrogeologici caratteristici dell’intero parco eolico in esame sono quelli rappresentati dai seguenti complessi:

- **“complesso alluvionale-costiero”**, costituito da depositi clastici, prevalentemente incoerenti per lo più sabbiosi, dotati di un tipo di permeabilità per porosità e un grado di permeabilità medio. **(1) – (Aerogeneratori WTG SGP 8 – WTG SGP 18)**
- **“complesso sabbioso –conglomeratico”**, costituito da depositi clastici sabbioso ghiaiosi da incoerenti a scarsamente cementati dotati di un tipo di permeabilità per porosità e un grado di permeabilità medio. **(9) (Aerogeneratori WTG SG1 – WTG SG03 - WTG SG11 – WTG SG 13 – Porzione di cavidotto)**
- **“complesso argilloso”**, costituito da argille e argille siltose e sabbiose. Costituiscono limiti di permeabilità al contatto con il complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, dotati di un tipo di permeabilità per porosità e un grado di permeabilità basso. **(10) - (Aerogeneratori WTG SGP 1 – WTG SGP 3 – WTG SGP 5 – WTG SGP 7 - WTG SGP 10 – WTG SGP 12 – WTG SGP 14 – WTG SGP 17 - Porzione di cavidotto)**
- **“complesso arenaceo conglomeratico”**, costituito da arenarie tenere o cementate, giallastre, in grossi banchi, con livelli conglomeratico-marnosi da cementati a parzialmente cementati, dotato di un tipo di permeabilità per porosità e fessurazione e di un grado di permeabilità medio. **(13) - (Aerogeneratori WTG SG 05 – WTG SGP 20 – Porzione di cavidotto)**
- **“complesso argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi”**, a composizione prevalentemente argillosa, con colorazione caratteristica variegata, con termini litoidi prevalentemente calcarei e calcareo marnosi, dotato di un grado di permeabilità basso e un tipo di permeabilità per porosità e fessurazione. **(36) (Aerogeneratore WTG SG15 – Porzione di cavidotto)**

Di seguito si riporta lo stralcio della carta idrogeologica dell’Italia Meridionale con l’ubicazione dell’area in esame con relativa legenda.

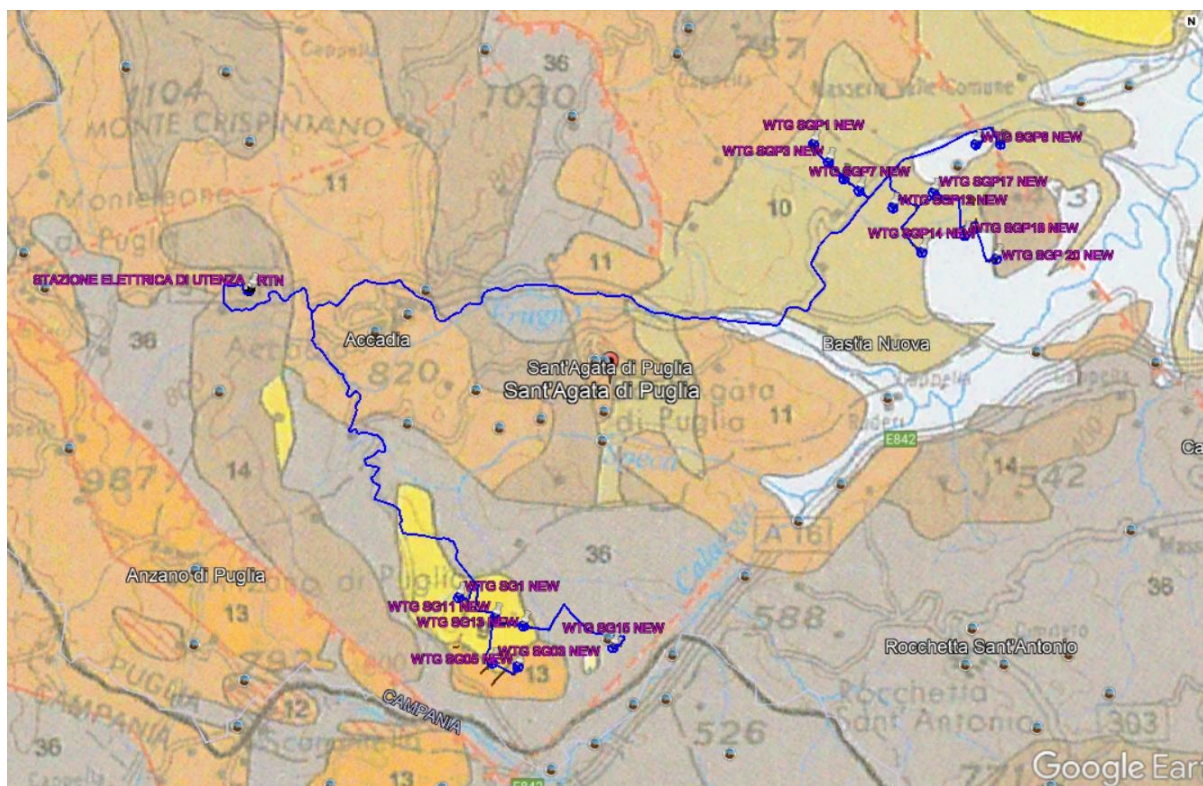


Figura 12– Stralcio Carta Idrogeologica Appennino Meridionale con individuazione dell'area interessata dal Parco Eolico

1	<p>Complesso alluvionale-costiero: Depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini sabbiosi. Differenti granulometrie si ritrovano in giustapposizione laterale e verticale, in relazione alla variabile energia del trasporto idraulico che ne ha determinato la deposizione. Costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe.</p>
9	<p>Complesso sabbioso-conglomeratico: Depositi clastici sabbioso-giaiosi da incoerenti a scarsamente cementati, ascrivibili alle fasi regressive iniziate nel Pleistocene inferiore (del ciclo bradanico: Sabbie di Monte Marano, Caicarenili di Monte Castiglione, Conglomerato di Irsina). Costituiscono acquiferi anche di buona trasmissività, ma in genere, per il frazionamento della circolazione idrica sotterranea, danno luogo a sorgenti di portata modesta, in corrispondenza di limiti di permeabilità indefiniti o definiti con i sottostanti terreni argillosi.</p>
10	<p>Complesso argilloso: Depositi costituiti da argille ed argille siltose e sabbiose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente la Fossa Bradanica, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente.</p>
13	<p>Complesso arenaceo-conglomeratico: Successioni torbidiche prossimali di tipo coarsening upward, prevalentemente arenaceo-conglomeratiche, con a luoghi caratteri di waldtych (Formazioni di Castelvetere, di Monte Sacro e Gorgoglione). Nelle parti più alte delle serie, l'assenza di intercalazioni pelliche rende possibile una circolazione idrica basale con recapito in sorgenti di notevole importanza locale (Unità idrogeologiche di Monte Sacro, Monte della Stella e Monte Centaurino in Campania meridionale).</p>
14	<p>Complesso delle successioni arenaceo-calcareo-pelliche: Successioni torbidiche da distali a prossimali, costituite da alternanze ritmiche arenaceo-pelliche, calcareo-pelliche e, subordinatamente, conglomeratiche e calcareo-mamosse (Gruppo del Cilento, Flysch Numidico, Unità Irpina p.p., Unità di Frosolone e Stilo Capo d'Orlando). La presenza pressoché continua di intercalazioni pelliche rende possibile la formazione di una modesta circolazione idrica sotterranea nella coltre di alterazione superficiale; solo dove la parte litoidale fratturata prevale su quella pellica, e laddove esiste un assetto strutturale favorevole, si può instaurare una circolazione idrica relativamente più profonda.</p>
36	<p>Complesso argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi: Complesso a prevalente composizione argillosa, con colorazione caratteristicamente variegata, con termini litoidi prevalentemente calcarei e calcareo-mamosi, inglobati caoticamente (Argille Varicolori); termini litologici equivalenti sono presenti in sequenze meno caoticizzate nel Flysch Rosso. Per il comportamento eminentemente plastico questi terreni si ritrovano nei bassi topografici, dove, se in contatto con strutture idrogeologiche carbonatiche, possono costituire la cintura impermeabile degli stessi.</p>

Legenda Stralcio Carta Idrogeologica Appennino Meridionale con individuazione dell'area interessata dal Parco Eolico

5.4. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA

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 della Puglia.

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

- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata – P.G.3;
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata – P.G.2;
- Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata – P.G.1.

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

- Aree ad alta probabilità di inondazione – A.P.;
- Aree a media probabilità di inondazione –M.P.;
- Aree a bassa probabilità di inondazione – B.P.

6. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ COL PAI

Sintetizzando quanto analizzato al punto 4.4 della presente, si evince quanto segue:



AUTORITA' DI BACINO DELLA PUGLIA	
TIPOLOGIA DI OPERA DA REALIZZARE	TIPOLOGIA DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
Aerogeneratori WTG SG1 – WTG SG03 - WTG SG05 - WTG SG11 – WTG SG 13 – WTG SGP1 – WTG SGP3 – WTG SGP5 – WTG SGP7 – WTG SGP8 – WTG SGP12 – WTGSGP14 – WTG SGP17 – WTG SGP17 – WTG SGP18 – WTG SGP20 – WTG SGP 10 - Porzione di cavidotto	Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata – P.G.1
WTG SG 15 - Porzione di cavidotto – Stazione elettrica di Utenza – Stazione RTN	Aree a pericolosità geomorfologica elevata – P.G.2
Porzione di cavidotto	Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata – P.G.3

AUTORITA' DI BACINO UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (**P.G.1**) si precisa, ai sensi dell'art. 15 co. 1 delle N.T.A. del P.A.I., che in tali aree sono *consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.*

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (**P.G.2**) si precisa, ai sensi dell'art. 14 co. 1 lett.b) delle N.T.A. del P.A.I., che *ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato.*

Infine, con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (**P.G.3**), relative alla sola sostituzione del cavidotto MT, interrato al di sotto della viabilità esistente, che, in

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

corrispondenza di tali interferenze, segue lo stesso percorso del cavidotto esistente, si precisa che, ai sensi dell'art. 13 co. 1 lett. d), l'intervento è consentito.

Il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica è stato redatto per l'aerogeneratore WTG SGP10 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.1 e per l'aerogeneratore WTG SG15 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.2, posti rispettivamente nel Parco Nord e Parco Sud.

Si rimanda, pertanto, al paragrafo 6 della presente relazione per l'analisi della localizzazione del Progetto di ammodernamento, ritenuto di interesse pubblico ai sensi dell'art 12 del Decreto Legislativo n° 387/ 03, e delle eventuali alternative localizzative, ed al paragrafo 7 per la verifica di sicurezza dell'intervento.

7. ANALISI ALTERNATIVE LOCALIZZATIVE DELL'INTERVENTO

In merito alla localizzazione delle opere e alle ipotesi alternative si sottolinea che trattandosi di una tipologia di intervento che costituisce il potenziamento di impianti eolici esistenti si è cercato il massimo riutilizzo delle aree già occupate da infrastrutture e opere con l'impossibilità di identificare delle alternative localizzative significative. In particolare, l'intervento si vuole configurare come variante non sostanziale all'impianto eolico esistente e dunque deve essere localizzato all'interno dello stesso sito dell'impianto eolico esistente.

L'alternativa localizzativa, infatti, comporterebbe lo sfruttamento di nuove aree naturali e/o seminaturali e di conseguenza genererebbe impatti più marcati rispetto a quelli generati dal presente progetto di ammodernamento. La realizzazione di un impianto costituito da 17 aerogeneratori in un sito non ancora antropizzato implicherebbe un impatto maggiore rispetto al Progetto proposto sia in termini di consumo di suolo sia di modifica della percezione del paesaggio.

7.1. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

La realizzazione dell'opera è subordinata alla propria autorizzazione e pertanto la documentazione di progetto è stata redatta, innanzitutto, in funzione della procedura autorizzativa prevista per il tipo di impianto in trattazione, regolamentata dalla seguente normativa:

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- D.M del 10 settembre 2010 "Linee guida nazionali per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili".

Le soluzioni tecniche previste nell'ambito del progetto definitivo proposto sono state valutate sulla base della seguente normativa tecnica:



- T.U. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";

- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988, n. 449, "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991, n. 1260, "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998, "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";

Vengono, infine, elencati, i principali riferimenti normativi relativi ad apparecchiature e componenti d'impianto:

- IEC 61400-1 "Design requirements"
- IEC 61400-2 "Design requirements for small wind turbines"
- IEC 61400-3 "Design requirements for offshore wind turbines"
- IEC 61400-4 "Gears"
- IEC 61400-5 "Wind turbine rotor blades"
- IEC 61400-11 "Acoustic noise measurement techniques"
- IEC 61400-12 "Wind turbine power performance testing"
- IEC 61400-13 "Measurement of mechanical loads"
- IEC 61400-14 "Declaration of apparent sound power level and tonality values"
- IEC 61400-21 "Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines"
- IEC 61400-22 "Conformity testing and certification"
- IEC 61400-23 "Full-scale structural testing of rotor blades"
- IEC 61400-24 "Lightning protection"
- IEC 61400-25 "Communication protocol"
- IEC 61400-27 "Electrical simulation models for wind power generation (Committee Draft)"
- CNR 10011/86 – "Costruzioni in acciaio" Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Eurocodice 1 - Parte 1 - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo";
- Eurocodice 8 - Parte 5 - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture".
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2005- "Progettazione delle strutture in acciaio" Parte 1-1.
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-5:2007- "Progettazione delle strutture in acciaio" Parte 1-5.
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-6:2002- "Progettazione delle strutture in acciaio" Parte 1-6.
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-9:2002- "Progettazione delle strutture in acciaio" Parte 1-9.
- CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, · 2002- 06;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;

- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02;
- CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni", prima edizione, 2011-07;
- CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.", prima edizione, 2011-07;
- CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi", terza edizione, 1997;
- CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V", prima edizione, 1998;
- CEI 57-2, "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata", seconda edizione, 1997;
- CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate", prima edizione, 1998;
- CEI 64-2, "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione" quarta edizione", 2001;
- CEI 64-8/1, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua", sesta edizione, 2007;
- CEI EN 50110-1-2, "Esercizio degli impianti elettrici", prima edizione, 1998-01;
- CEI EN 60076-1, "Trasformatori di potenza", Parte 1: Generalità, terza edizione, 1998;
- CEI EN 60076-2, "Trasformatori di potenza Riscaldamento", Parte 2: Riscaldamento, terza edizione, 1998;
- CEI EN 60137, "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V", quinta edizione, 2004;
- CEI EN 60721-3-4, "Classificazioni delle condizioni ambientali", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie, seconda edizione, 1996;
- CEI EN 60721-3-3, "Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie, terza edizione, 1996;
- CEI EN 60068-3-3, "Prove climatiche e meccaniche fondamentali", Parte 3: Guida - Metodi di prova sismica per apparecchiature, prima edizione, 1998;
- CEI EN 60099-4, "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata", Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata, seconda edizione, 2005;
- CEI EN 60129, "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V", 1998;
- CEI EN 60529, "Gradi di protezione degli involucri", seconda edizione, 1997;
- CEI EN 62271-100, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione, sesta edizione, 2005;
- CEI EN 62271-102, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione, prima edizione, 2003;
- CEI EN 60044-1, "Trasformatori di misura", Parte 1: Trasformatori di corrente, edizione quarta, 2000;
- CEI EN 60044-2, "Trasformatori di misura", Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi, edizione quarta, 2001;
- CEI EN 60044-5, "Trasformatori di misura", Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi, edizione prima, 2001;
- CEI EN 60694, "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione", seconda edizione 1997;
- CEI EN 61000-6-2, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali, terza edizione, 2006;

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

- CEI EN 61000-6-4, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali, seconda edizione, 2007;
- UNI EN 54, "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio", 1998;
- UNI 9795, "Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio", 2005.

8. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

8.1. IMPIANTO EOLICO

Tutti gli aerogeneratori, con relative piazzole e viabilità d'accesso, a meno dell'aerogeneratore WTG SG15, ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1).

L'aerogeneratore WTG SG15, con relativa piazzola e viabilità d'accesso, ricade all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2).

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.1) si precisa, ai sensi dell'art. 15 co. 1 delle N.T.A. del P.A.I., che in tali aree *sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.*

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.2) si precisa, ai sensi dell'art. 14 co. 1 lett.b) delle N.T.A. del P.A.I., che *ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato.*



Dall'analisi del P.A.I., riportata al punto 4.4 della presente, si è visto che tutti gli aerogeneratori ricadono nella zona classificata come P.G.1, disciplinata dall'art. 15 co. 1 delle N.T.A., per la quale le stesse prevedono la redazione di uno studio di compatibilità dell'intervento solo nel caso in cui quest'ultimo possa determinare condizioni di instabilità, a meno dell'aerogeneratore WTG SG15 NEW, ricadente in un'area classificata come P.G.2, disciplinata dall'art. 14 co. 1 lett.b) delle N.T.A. del P.A.I., per la quale, invece, le stesse prevedono sempre la redazione di uno studio di compatibilità dell'intervento. Pertanto, il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica è stato redatto per l'aerogeneratore WTG SGP10 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.1, al fine di dimostrare il non aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio da parte del Progetto di ammodernamento in esame, e per l'aerogeneratore WTG SG15 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.2. Gli aerogeneratori WTG SGP10 NEW e WTG SG15 NEW sono posti rispettivamente nel Parco Nord e nel Parco Sud. La verifica di stabilità globale dei due aerogeneratori è riportata ai capitoli 8 e 9 del presente documento.

8.2. CAVIDOTTO MT

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

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.3), relative alla sola sostituzione del cavidotto MT, interrato al di sotto della viabilità esistente, che, in corrispondenza di tali interferenze, segue lo stesso percorso del cavidotto esistente, si precisa che, ai sensi dell'art. 13 co. 1 lett. d), l'intervento è consentito.

Occorre precisare che la realizzazione degli elettrodotti interrati non altera la naturale morfologia del terreno in sito e tanto meno la

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

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.

8.3. STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA, IMPIANTO DI UTENZA E DI RETE PER LA CONNESSIONE

La Stazione Elettrica di Utenza, l'impianto di utenza e di rete per la connessione ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2); tali opere restano le medesime dell'impianto eolico esistente.

9. STABILITA' DELL'AREA

9.1. DESCRIZIONE STATO DEI LUOGHI E INTERVENTO DI PROGETTO

Il Parco Eolico in oggetto è localizzato sul territorio del Comune di Sant'Agata di Puglia in due località separate e distinte.

L'"Impianto Palino", sito in località Ciommarino – Viticone – Palino, costituito originariamente da 20 aerogeneratori ed ora da 11, è localizzato tra Nord - Nord Est ed Est - Nord Est dall'abitato di Sant'Agata di Puglia, separato da quest'ultima dai rilievi Mariconda e Serra Pomezio che si sovrappongono tra l'impianto e l'abitato. Il parco è limitrofo ai confini di Deliceto e Candela ed è posto su di una porzione della vallata Viticone – Palino in prossimità della S.P. Sant'Agata di Puglia – Foggia, ad un'altitudine media di 320 m s.l.m.

L'"Impianto Piano d'Olivola", sito in località Piano d'Olivola – Pezza del Tesoro, costituito originariamente da 16 aerogeneratori ed ora da 6, è localizzato tra Ovest - sud Ovest e Sud - Sud Ovest dall'abitato di Sant'Agata di Puglia. Il parco è limitrofo al confine del comune di Accadia ed è situato nella vallata Pezza del Tesoro in prossimità della Strada Comunale Pierci – Pietrapone, ad un'altitudine media di 570 m. s.l.m.

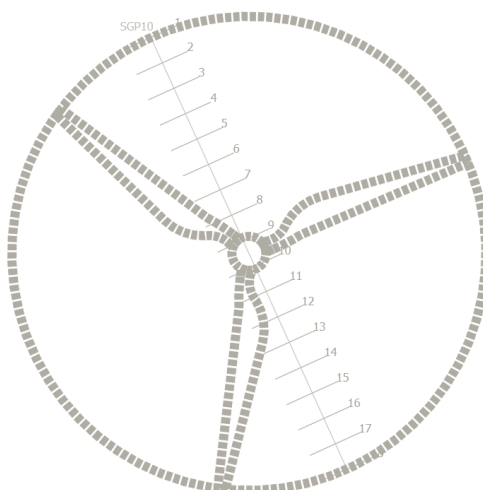
Tenuto conto della modellazione geotecnica del sottosuolo innanzi richiamata, si è eseguita la verifica di stabilità globale delle opere

per la torre avente una morfologica più gravosa nei confronti della stabilità; a tale scopo si è considerata la torre WTG SGP10 NEW, le cui sezioni sono riportate in seguito. La stessa verifica è stata eseguita anche per la torre WTG SG15 NEW, perché ricadente nella perimetrazione P.G.2, come precisato nel paragrafo 7.

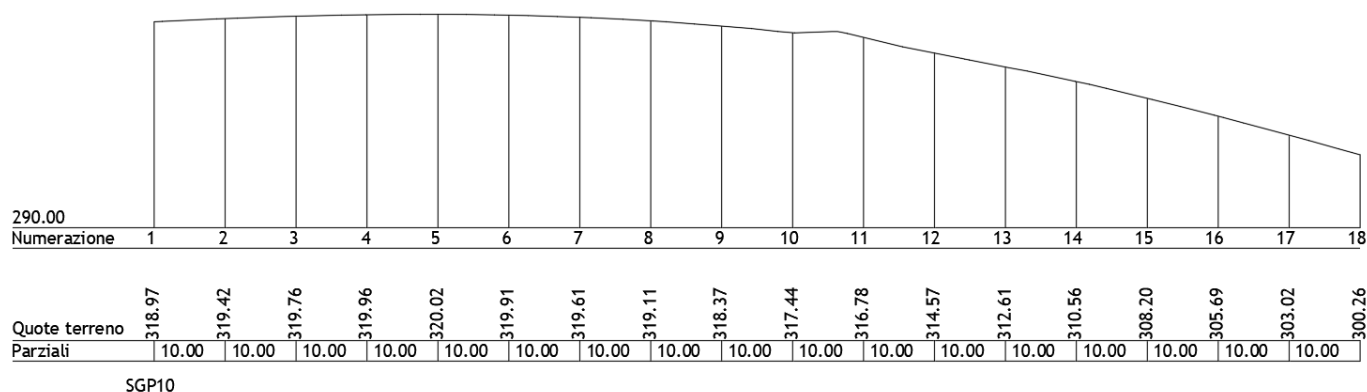
L'intervento di progetto prevede la realizzazione di un plinto in cls armato di grandi dimensioni, di forma circolare con base maggiore di diametro pari a 22,00 m e base minore di diametro 8,00 m. L'altezza massima della fondazione, misurata al centro della stessa è di 3,00 m mentre l'altezza minima misurata sull'estremità è di 1,10 m. 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 m, disposti ad una distanza dal centro pari a 9,60 m.

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

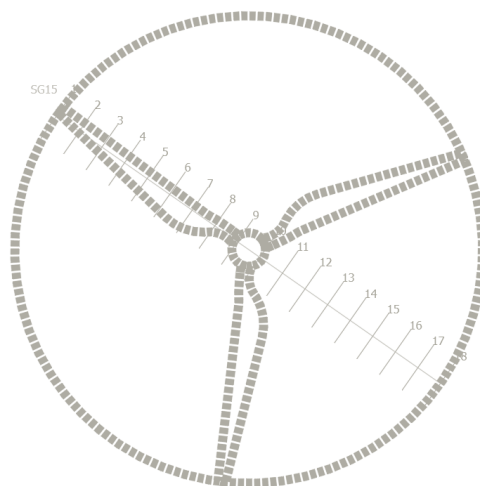
PLANIMETRIA WTG SGP10 NEW



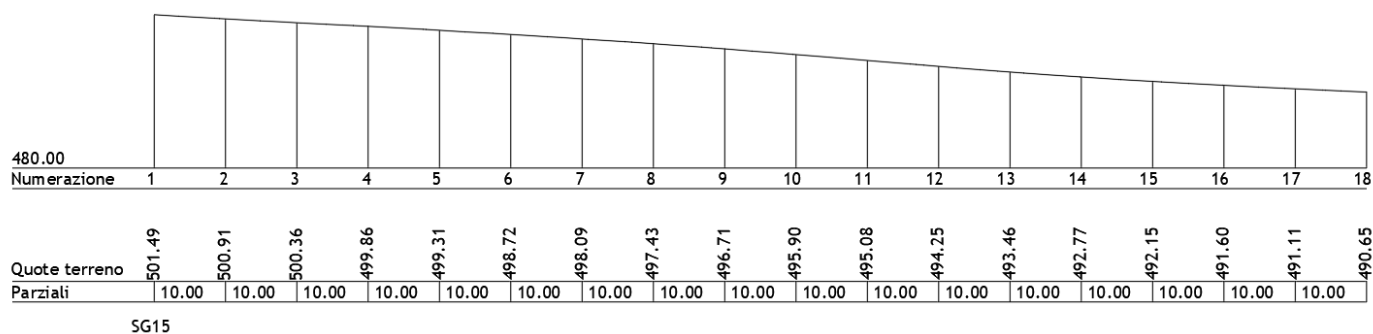
SEZIONE WTG SGP10 NEW



PLANIMETRIA WTG SG15 NEW



SEZIONE WTG SG15 NEW



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.

9.2. 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 6.2.11 delle NTC 2018, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera come specificato nella tabella 6.8.1 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	γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso per unità di volume	γ_γ	γ_γ	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.

9.3. 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

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:

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

9.4. 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)**

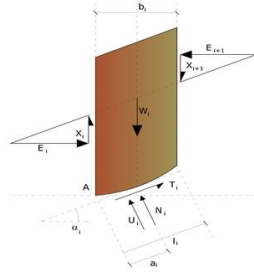
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

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

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

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 %.

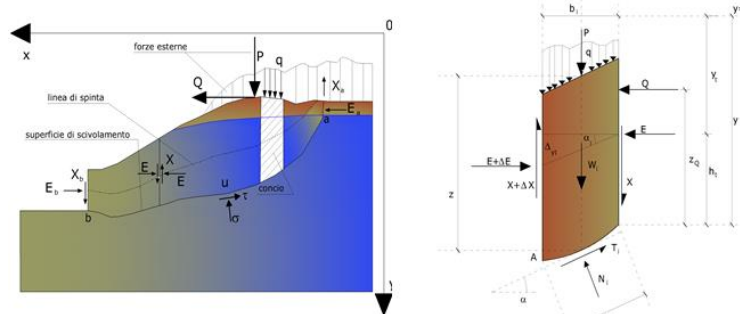


▪ **Metodo di JANBU (1967)**

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.

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

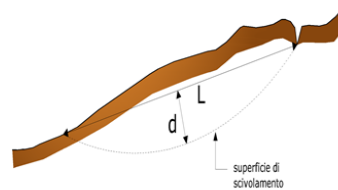
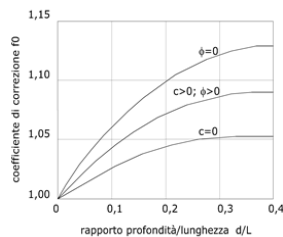


Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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:

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

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



9.5. 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]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,69	2,52	0,32
S.L.D.	101,0	0,91	2,45	0,34
S.L.V.	949,0	2,65	2,41	0,42
S.L.C.	1950,0	3,68	2,35	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	a_{max} [m/s ²]	beta [-]	k_h [-]	k_v [sec]
S.L.O.	1,035	1,0	0,1055	0,0528

S.L.D.	1,365	0,47	0,0654	0,0327
S.L.V.	3,4695	0,38	0,1344	0,0672
S.L.C.	4,3087	1,0	0,4394	0,2197

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,1344

Coefficiente azione sismica verticale 0,0672

10. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA (WTG SGP10 NEW)

10.1. 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	10,0	300,26
2	20,0	303,03
3	29,93	305,68
4	40,0	308,21
5	50,0	310,56
6	60,0	312,61
7	70,0	314,58
8	80,0	316,79
9	90,0	317,44
10	91,12	317,55
11	98,1	317,55
12	98,1	318,15
13	100,0	318,37
14	110,0	319,11
15	120,0	319,61
16	130,0	319,91
17	140,0	320,03
18	150,0	320,03
19	160,0	320,03
20	170,0	320,03
21	189,38	320,03

Vertici strato 1

N	x (m)	y (m)
1	10,0	300,26
2	10,0	297,15
3	20,79	300,13
4	30,69	302,78
5	40,71	305,29
6	50,64	307,63
7	60,59	309,67
8	70,61	311,64
9	80,42	313,81
10	90,25	314,45
11	95,27	314,96
12	100,24	315,38
13	110,19	316,12
14	120,12	316,61

15	130,06	316,91
16	140,02	317,03
17	150,0	317,03
18	160,0	317,03
19	170,0	317,03
20	189,38	317,03
21	189,38	320,03

Vertici strato 2

N	x (m)	y (m)
1	10,0	297,15
2	10,0	294,03
3	21,57	297,24
4	31,44	299,87
5	41,42	302,38
6	51,29	304,7
7	61,18	306,73
8	71,23	308,7
9	80,85	310,83
10	90,5	311,46
11	95,55	311,97
12	100,48	312,39
13	110,37	313,12
14	120,24	313,61
15	130,13	313,91
16	140,04	314,03
17	150,0	314,03
18	160,0	314,03
19	170,0	314,03
20	189,38	314,03
21	189,38	317,03

Vertici strato 3

N	x (m)	y (m)
1	10,0	294,03
2	10,0	289,88
3	22,62	293,38
4	32,44	296,0
5	42,36	298,49
6	52,15	300,79
7	61,97	302,8
8	72,04	304,79
9	81,41	306,86
10	90,83	307,47
11	95,92	307,99
12	100,79	308,4
13	110,62	309,13
14	120,4	309,62
15	130,21	309,91
16	140,06	310,03
17	150,0	310,03
18	160,0	310,03
19	170,0	310,03
20	189,38	310,03
21	189,38	314,03

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	2	32	1600,00	1800,00	Sabbie limose mod. addensate	
2	0	1	30	1500	1700	Sabbie limose argillose	
3	0	2.5	34	1800	2000	Sabbie limoso argillose e argille limose	
4	0	5	36	1900	2200	Sabbie limose passanti a ghiaie	

10.2. 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.

10.2.1. 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
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
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

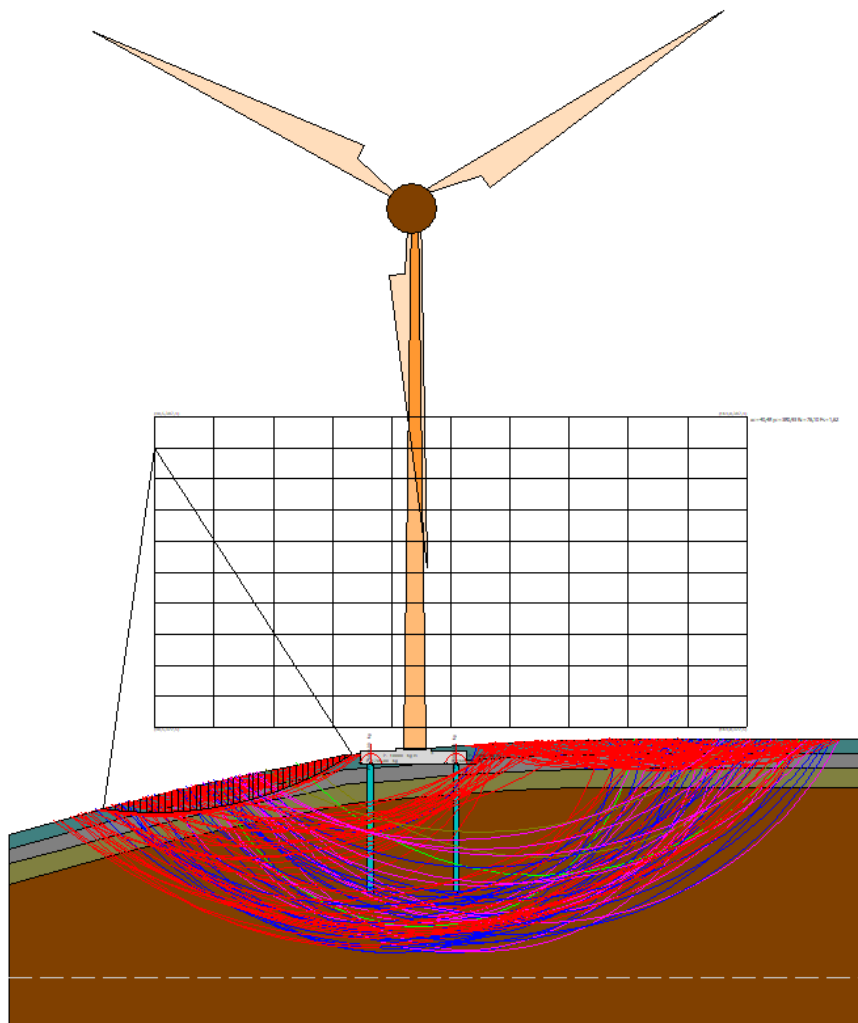
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	40,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	322,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	163,98 m
Ordinata vertice destro superiore ys	387,42 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1344
Coefficiente azione sismica verticale	0,0672

10.2.1.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



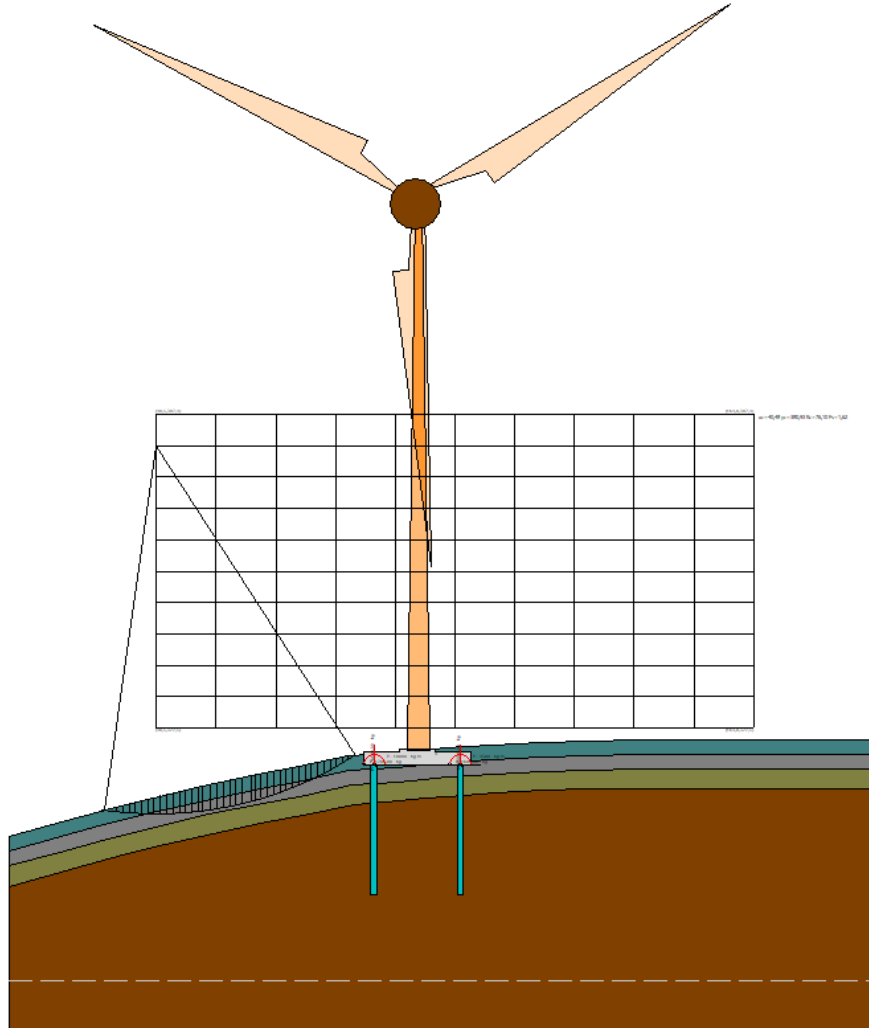
Superficie a fattore minimo individuato

Fs minimo individuato	1,62
Ascissa centro superficie	40,48 m
Ordinata centro superficie	380,93 m
Raggio superficie	76,1 m

$x_c = 40,478$ $y_c = 380,93$ $R_c = 76,103$ $F_s = 1,625$

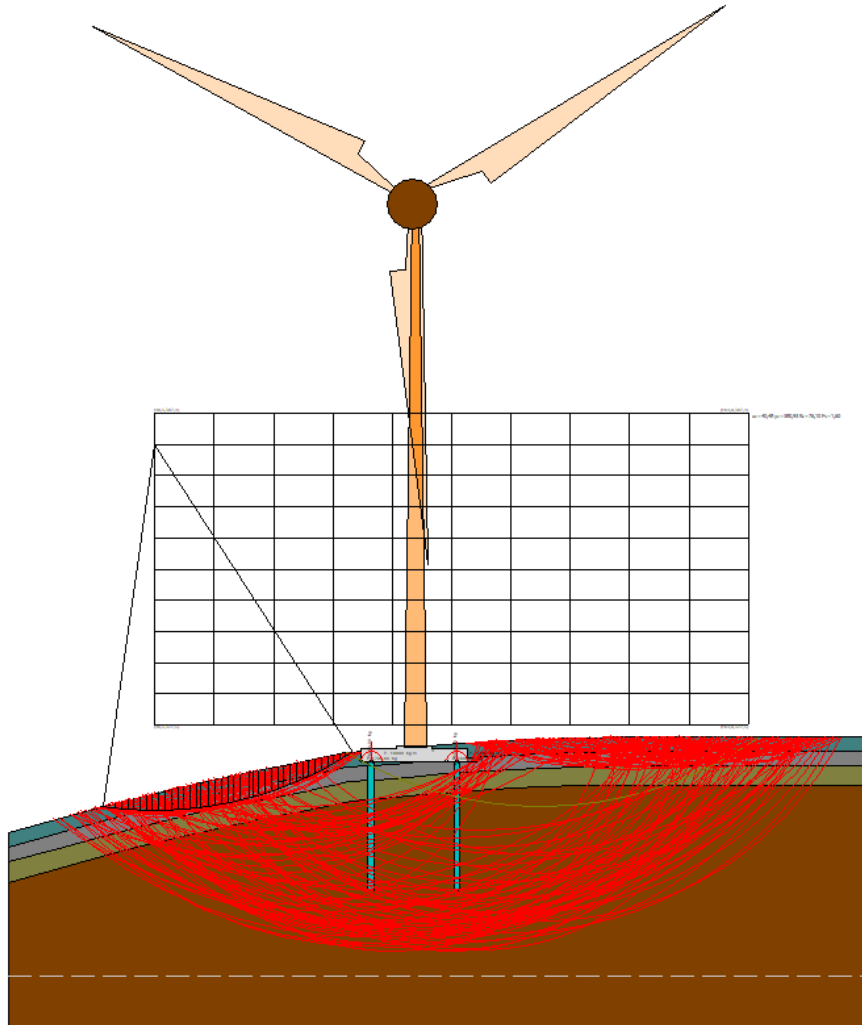
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,29	-8,1	0,29	27,66	3,72	1,86	0,0	32,0	0,0	29,6	11,4
2	2,31	-7,1	2,33	2070,73	278,31	139,15	0,0	32,0	0,0	2191,5	842,9
3	1,3	-5,7	1,31	2527,13	339,65	169,82	0,0	32,0	0,0	2641,6	1016,0
4	1,3	-4,7	1,3	3451,92	463,94	231,97	0,0	32,0	0,0	3577,9	1376,1
5	1,3	-3,8	1,3	4330,23	581,98	290,99	0,0	32,0	0,0	4452,0	1712,3

6	1,3	-2,8	1,3	5162,19	693,8	346,9	0,0	32,0	0,0	5266,7	2025,6
7	1,3	-1,8	1,3	5947,85	799,39	399,7	0,0	32,0	0,0	6023,7	2316,8
8	1,27	-0,8	1,27	6489,81	872,23	436,12	0,0	30,0	0,0	6524,4	2318,5
9	1,33	0,1	1,33	7480,61	1005,39	502,7	0,0	30,0	0,0	7474,1	2656,0
10	1,3	1,1	1,3	7866,51	1057,26	528,63	0,0	30,0	0,0	7813,2	2776,5
11	1,3	2,1	1,3	8390,73	1127,71	563,86	0,0	30,0	0,0	8287,8	2945,2
12	1,3	3,1	1,3	8871,55	1192,34	596,17	0,0	30,0	0,0	8717,3	3097,8
13	1,3	4,1	1,3	9309,12	1251,15	625,57	0,0	30,0	0,0	9102,7	3234,8
14	1,3	5,1	1,3	9703,11	1304,1	652,05	0,0	30,0	0,0	9444,3	3356,1
15	1,3	6,0	1,31	10053,47	1351,19	675,59	0,0	30,0	0,0	9743,6	3462,5
16	0,88	6,9	0,88	6948,04	933,82	466,91	0,0	30,0	0,0	6711,2	2384,9
17	1,72	7,8	1,74	13963,24	1876,66	938,33	0,0	30,0	0,0	13437,4	4775,2
18	1,3	9,0	1,31	10695,11	1437,42	718,71	0,0	30,0	0,0	10251,7	3643,1
19	1,3	10,0	1,32	10790,12	1450,19	725,1	0,0	30,0	0,0	10311,1	3664,2
20	1,3	11,0	1,32	10840,0	1456,9	728,45	0,0	30,0	0,0	10330,0	3670,9
21	1,3	12,0	1,33	10844,28	1457,47	728,74	0,0	30,0	0,0	10308,5	3663,3
22	1,3	13,0	1,33	10802,4	1451,84	725,92	0,0	30,0	0,0	10246,4	3641,2
23	1,78	14,2	1,84	14684,19	1973,56	986,78	0,0	30,0	0,0	13898,1	4938,9
24	0,81	15,2	0,84	6604,89	887,7	443,85	0,0	30,0	0,0	6241,8	2218,1
25	1,3	16,0	1,35	10370,54	1393,8	696,9	0,0	30,0	0,0	9790,7	3479,3
26	1,3	17,0	1,36	10117,75	1359,83	679,91	0,0	30,0	0,0	9543,0	3391,2
27	1,3	18,1	1,37	9815,58	1319,21	659,61	0,0	30,0	0,0	9252,2	3287,9
28	1,3	19,1	1,37	9463,0	1271,83	635,91	0,0	30,0	0,0	8917,0	3168,8
29	1,3	20,1	1,38	9059,43	1217,59	608,79	0,0	30,0	0,0	8536,9	3033,7
30	1,3	21,2	1,39	8603,61	1156,33	578,16	0,0	30,0	0,0	8110,1	2882,0
31	1,39	22,3	1,51	8664,68	1164,53	582,27	0,0	30,0	0,0	8173,5	2904,6
32	1,2	23,3	1,31	6989,31	939,36	469,68	0,0	30,0	0,0	6600,0	2345,4
33	1,3	24,3	1,43	7001,88	941,05	470,53	0,0	30,0	0,0	6620,8	2352,8
34	1,3	25,4	1,44	6387,2	858,44	429,22	0,0	30,0	0,0	6050,1	2150,0
35	1,3	26,5	1,45	5669,33	761,96	380,98	0,0	32,0	0,0	5315,7	2044,5
36	1,3	27,6	1,47	4886,84	656,79	328,4	0,0	32,0	0,0	4591,3	1765,9
37	1,3	28,7	1,48	4038,27	542,74	271,37	0,0	32,0	0,0	3803,3	1462,8
38	1,3	29,8	1,5	3121,34	419,51	209,75	0,0	32,0	0,0	2948,0	1133,8
39	1,0	30,9	1,17	1738,3	233,63	116,81	0,0	32,0	0,0	1646,5	633,3
40	1,59	32,0	1,88	1154,01	155,1	77,55	0,0	32,0	0,0	1097,1	422,0



10.2.1.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

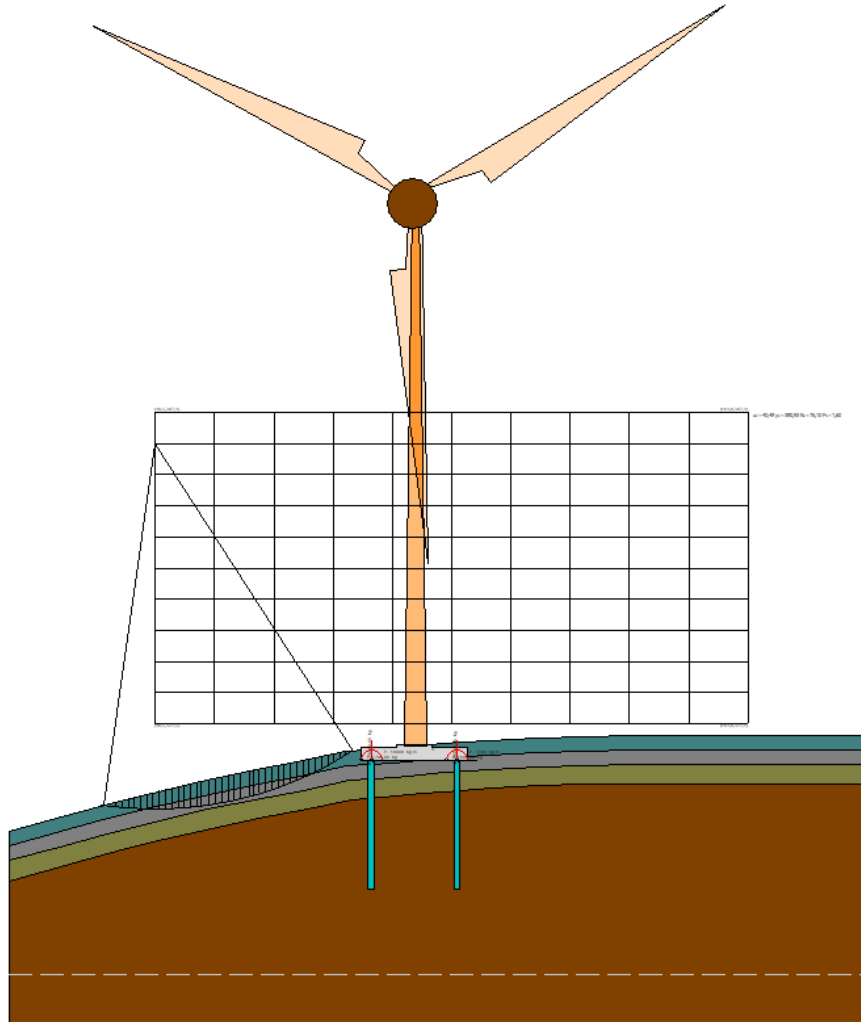
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,6
Ascissa centro superficie	40,48 m
Ordinata centro superficie	380,93 m
Raggio superficie	76,1 m

$x_c = 40,478$ $y_c = 380,93$ $R_c = 76,103$ $F_s = 1,596$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	0,29	-8,1	0,29	27,66	3,72	1,86	0,0	32,0	0,0	29,6	11,7
2	2,31	-7,1	2,33	2070,73	278,31	139,15	0,0	32,0	0,0	2193,5	865,3
3	1,3	-5,7	1,31	2527,13	339,65	169,82	0,0	32,0	0,0	2643,5	1040,1
4	1,3	-4,7	1,3	3451,92	463,94	231,97	0,0	32,0	0,0	3580,0	1406,4

5	1,3	-3,8	1,3	4330,23	581,98	290,99	0,0	32,0	0,0	4454,1	1747,5
6	1,3	-2,8	1,3	5162,19	693,8	346,9	0,0	32,0	0,0	5268,5	2065,0
7	1,3	-1,8	1,3	5947,85	799,39	399,7	0,0	32,0	0,0	6025,0	2359,9
8	1,27	-0,8	1,27	6489,81	872,23	436,12	0,0	30,0	0,0	6525,0	2360,5
9	1,33	0,1	1,33	7480,61	1005,39	502,7	0,0	30,0	0,0	7473,9	2703,5
10	1,3	1,1	1,3	7866,51	1057,26	528,63	0,0	30,0	0,0	7812,2	2826,4
11	1,3	2,1	1,3	8390,73	1127,71	563,86	0,0	30,0	0,0	8285,9	2999,2
12	1,3	3,1	1,3	8871,55	1192,34	596,17	0,0	30,0	0,0	8714,3	3156,7
13	1,3	4,1	1,3	9309,12	1251,15	625,57	0,0	30,0	0,0	9098,7	3299,5
14	1,3	5,1	1,3	9703,11	1304,1	652,05	0,0	30,0	0,0	9439,1	3427,6
15	1,3	6,0	1,31	10053,47	1351,19	675,59	0,0	30,0	0,0	9737,3	3541,8
16	0,88	6,9	0,88	6948,04	933,82	466,91	0,0	30,0	0,0	6706,3	2443,3
17	1,72	7,8	1,74	13963,24	1876,66	938,33	0,0	30,0	0,0	13426,2	4902,3
18	1,3	9,0	1,31	10695,11	1437,42	718,71	0,0	30,0	0,0	10242,0	3750,8
19	1,3	10,0	1,32	10790,12	1450,19	725,1	0,0	30,0	0,0	10300,2	3783,0
20	1,3	11,0	1,32	10840,0	1456,9	728,45	0,0	30,0	0,0	10318,1	3801,8
21	1,3	12,0	1,33	10844,28	1457,47	728,74	0,0	30,0	0,0	10295,6	3807,0
22	1,3	13,0	1,33	10802,4	1451,84	725,92	0,0	30,0	0,0	10232,6	3798,3
23	1,78	14,2	1,84	14684,19	1973,56	986,78	0,0	30,0	0,0	13877,6	5177,3
24	0,81	15,2	0,84	6604,89	887,7	443,85	0,0	30,0	0,0	6232,0	2335,8
25	1,3	16,0	1,35	10370,54	1393,8	696,9	0,0	30,0	0,0	9774,5	3678,3
26	1,3	17,0	1,36	10117,75	1359,83	679,91	0,0	30,0	0,0	9526,3	3603,8
27	1,3	18,1	1,37	9815,58	1319,21	659,61	0,0	30,0	0,0	9235,0	3513,5
28	1,3	19,1	1,37	9463,0	1271,83	635,91	0,0	30,0	0,0	8899,6	3406,3
29	1,3	20,1	1,38	9059,43	1217,59	608,79	0,0	30,0	0,0	8519,3	3281,9
30	1,3	21,2	1,39	8603,61	1156,33	578,16	0,0	30,0	0,0	8092,6	3139,0
31	1,39	22,3	1,51	8664,68	1164,53	582,27	0,0	30,0	0,0	8155,0	3187,3
32	1,2	23,3	1,31	6989,31	939,36	469,68	0,0	30,0	0,0	6584,4	2593,5
33	1,3	24,3	1,43	7001,88	941,05	470,53	0,0	30,0	0,0	6604,4	2622,2
34	1,3	25,4	1,44	6387,2	858,44	429,22	0,0	30,0	0,0	6034,5	2416,9
35	1,3	26,5	1,45	5669,33	761,96	380,98	0,0	32,0	0,0	5300,4	2318,9
36	1,3	27,6	1,47	4886,84	656,79	328,4	0,0	32,0	0,0	4577,6	2022,5
37	1,3	28,7	1,48	4038,27	542,74	271,37	0,0	32,0	0,0	3791,5	1692,5
38	1,3	29,8	1,5	3121,34	419,51	209,75	0,0	32,0	0,0	2938,5	1326,3
39	1,0	30,9	1,17	1738,3	233,63	116,81	0,0	32,0	0,0	1641,0	748,3
40	1,59	32,0	1,88	1154,01	155,1	77,55	0,0	32,0	0,0	1093,3	504,7



10.2.2. 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

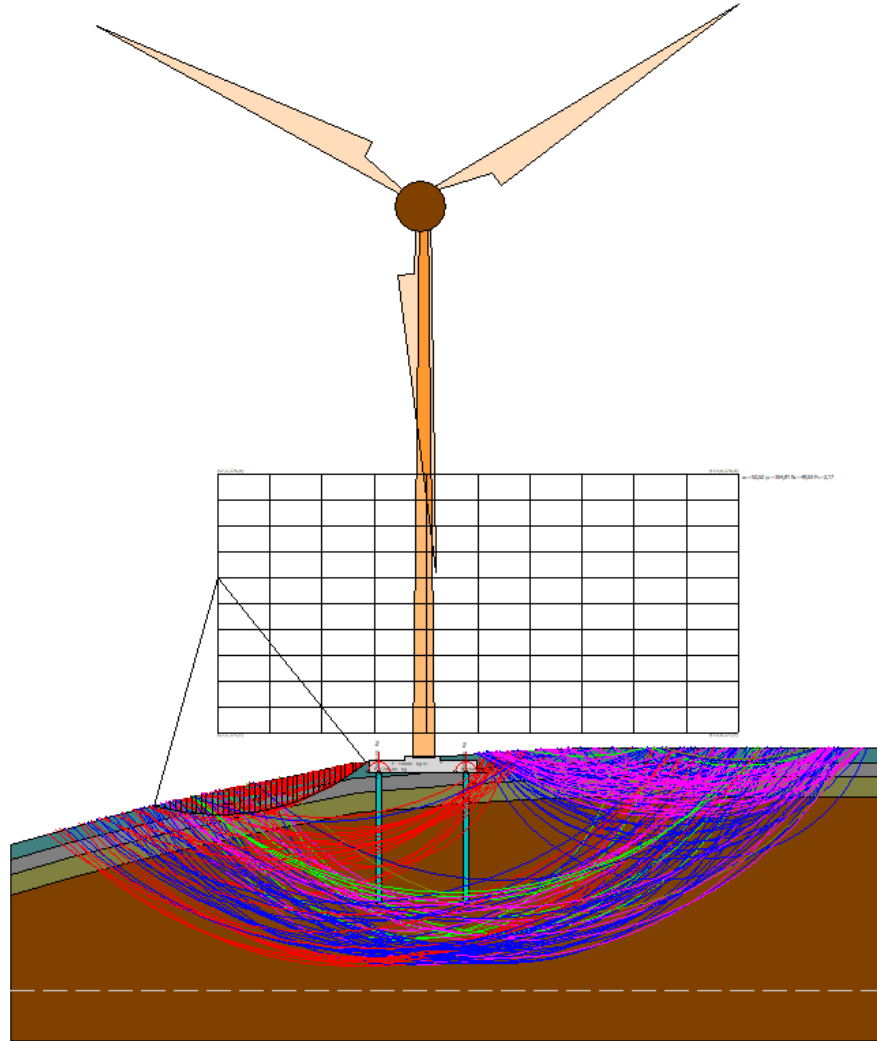
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	52,52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	323,08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	159,02 m
Ordinata vertice destro superiore ys	375,96 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

10.2.2.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

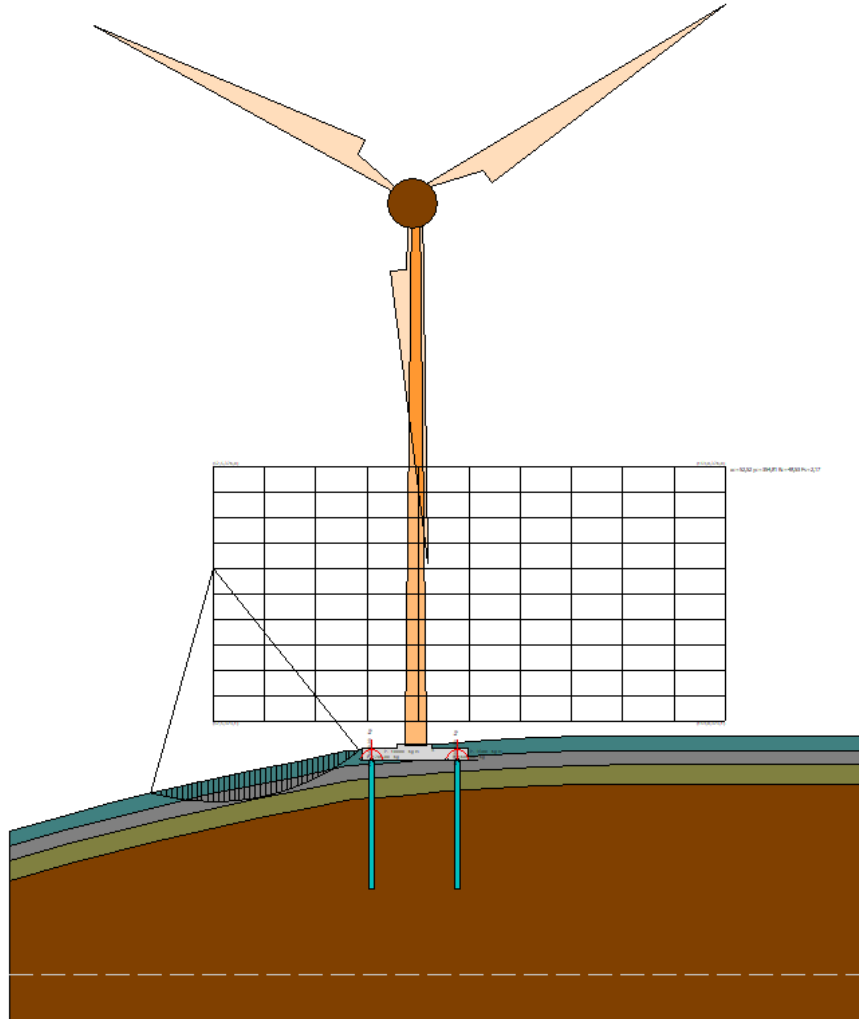
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	2,17
Ascissa centro superficie	52,52 m
Ordinata centro superficie	354,81 m
Raggio superficie	48,53 m

$x_c = 52,519$ $y_c = 354,806$ $R_c = 48,532$ $F_s = 2,171$

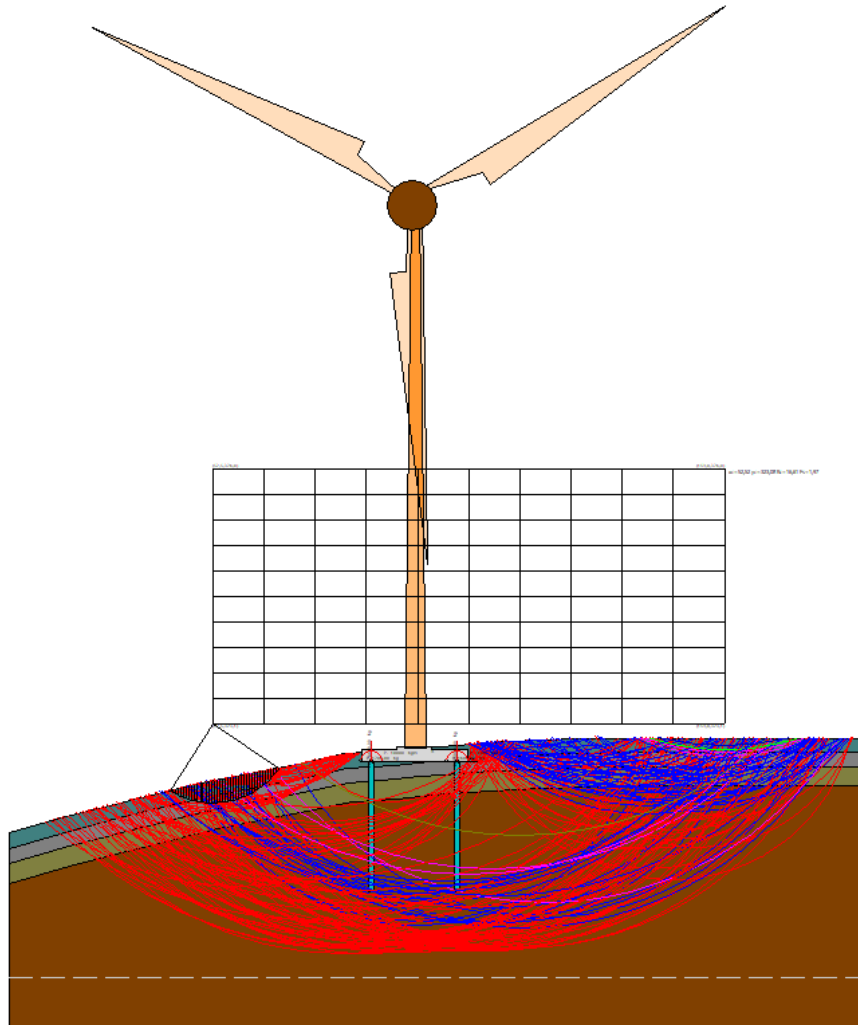
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,56	-15,3	0,58	130,26	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	115,3	26,6
2	1,62	-14,0	1,67	1788,03	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	1563,5	360,1
3	1,09	-12,3	1,11	2304,0	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	1986,6	457,5

4	1,09	-11,0	1,11	3139,41	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	2678,7	616,9
5	1,09	-9,7	1,1	3930,1	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	3320,6	764,8
6	1,09	-8,4	1,1	4676,5	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	3915,2	901,7
7	1,09	-7,1	1,1	5378,05	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4454,1	947,8
8	1,09	-5,8	1,09	5996,22	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4928,8	1048,8
9	1,09	-4,5	1,09	6574,01	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	5366,2	1141,9
10	0,77	-3,4	0,77	5004,57	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4062,7	864,5
11	1,4	-2,1	1,4	9669,69	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	7803,4	1660,5
12	1,09	-0,7	1,09	7968,12	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6391,1	1360,0
13	1,09	0,6	1,09	8331,96	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	10808,0	2299,9
14	1,09	1,9	1,09	8656,15	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11180,6	2379,2
15	1,09	3,2	1,09	8940,52	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11504,9	2448,2
16	1,09	4,5	1,09	9185,1	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11781,4	2507,0
17	1,09	5,7	1,09	9389,55	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12010,9	2555,9
18	1,09	7,0	1,1	9553,71	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12193,7	2594,8
19	0,99	8,3	1,0	8815,99	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11233,7	2390,5
20	1,18	9,6	1,21	10612,29	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	13506,1	2874,0
21	1,09	10,9	1,11	9777,82	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12435,0	2646,1
22	1,09	12,2	1,11	9762,77	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12413,8	2641,6
23	1,09	13,6	1,12	9705,13	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12344,9	2626,9
24	1,09	14,9	1,12	9604,24	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12227,5	2602,0
25	1,09	16,2	1,13	9459,52	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12060,5	2566,4
26	1,09	17,6	1,14	9269,78	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11842,3	2520,0
27	1,09	18,9	1,15	9034,34	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	11571,2	2462,3
28	1,21	20,4	1,29	9709,97	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	12478,5	2655,4
29	0,97	21,7	1,04	7481,94	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	9651,8	2053,9
30	1,09	23,0	1,18	8103,29	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	10497,2	2233,8
31	1,09	24,4	1,19	7715,7	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	10046,1	2137,8
32	1,09	25,9	1,21	7275,46	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	9527,6	2027,4
33	1,09	27,3	1,22	6780,79	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	8938,0	1902,0
34	1,09	28,7	1,24	6229,55	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	8271,3	1760,1
35	1,09	30,2	1,26	5619,34	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	7521,6	1600,6
36	1,09	31,7	1,28	4921,31	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	6583,8	1516,3
37	1,43	33,5	1,71	5256,78	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	7110,2	1637,5
38	0,75	35,0	0,91	2089,79	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	2856,5	657,9
39	1,09	36,4	1,35	1995,43	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	2754,3	634,3
40	1,09	38,0	1,38	686,61	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	959,8	221,1



10.2.2.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

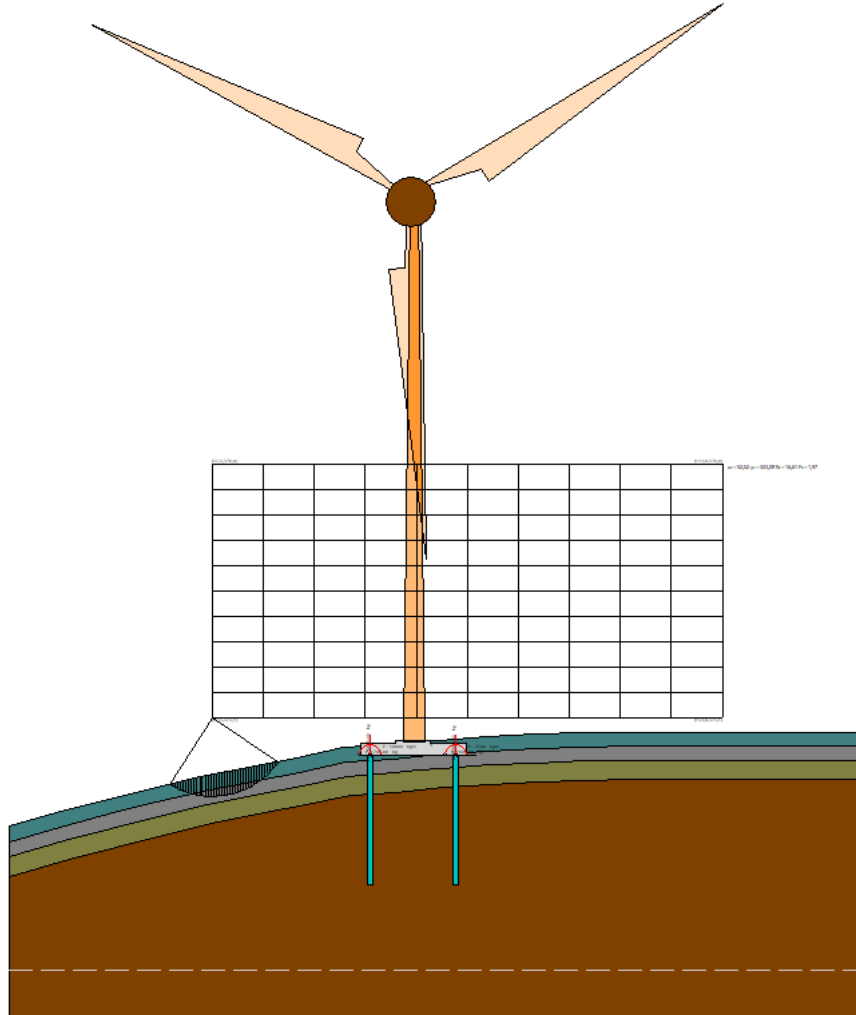
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,97
Ascissa centro superficie	52,52 m
Ordinata centro superficie	323,08 m
Raggio superficie	16,61 m

$xc = 52,519$ $yc = 323,078$ $Rc = 16,613$ $Fs=1,972$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	1,15	-26,0	1,28	661,48	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	931,7	782,0
2	1,15	-24,2	1,26	2149,41	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	2285,1	975,2
3	1,15	-22,4	1,25	3760,31	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	3702,7	1175,2
4	1,15	-20,7	1,23	5275,36	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	4988,2	1351,9

5	1,15	-18,9	1,22	6698,15	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	6155,1	1508,8
6	1,15	-17,2	1,21	8031,43	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	7215,1	1648,5
7	1,15	-15,5	1,2	9278,18	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	8178,6	1773,4
8	1,15	-13,8	1,19	10440,12	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	9051,7	1885,0
9	1,15	-12,2	1,18	11519,83	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	9846,5	1986,0
10	1,15	-10,5	1,17	12518,19	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	10564,2	2076,6
11	1,0	-9,0	1,02	11664,23	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	9739,4	1877,1
12	1,3	-7,3	1,31	15754,7	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	13022,3	2477,6
13	1,15	-5,6	1,16	14282,36	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11693,3	2208,4
14	1,15	-3,9	1,16	14503,16	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11782,0	2214,9
15	1,15	-2,3	1,15	14647,46	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11816,3	2215,6
16	1,15	-0,7	1,15	14716,32	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11799,8	2211,2
17	1,15	1,0	1,15	14709,09	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	19069,0	3258,8
18	1,15	2,6	1,15	14626,76	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	18888,0	3236,0
19	1,15	4,2	1,16	14468,08	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	18623,8	3204,2
20	1,15	5,9	1,16	14233,73	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	18277,7	3163,6
21	1,15	7,5	1,16	13922,04	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	17848,4	3113,5
22	1,15	9,2	1,17	13770,41	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	17639,5	3098,5
23	1,15	10,8	1,17	15077,92	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	19324,4	3363,9
24	1,15	12,5	1,18	16306,12	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	20927,9	3624,2
25	0,8	13,9	0,82	11949,34	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	15364,7	2655,2
26	1,51	15,6	1,57	22786,71	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	29378,9	5114,7
27	1,15	17,5	1,21	16886,78	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	21858,0	3864,5
28	1,15	19,3	1,22	16335,73	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	21237,7	3814,7
29	1,15	21,0	1,23	15695,22	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	20509,9	3750,9
30	1,15	22,8	1,25	14961,57	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	19670,9	3674,2
31	1,55	24,8	1,71	18780,86	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	24893,4	4785,5
32	0,76	26,7	0,85	8546,46	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11417,3	2260,4
33	1,15	28,2	1,31	12121,03	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	16306,7	3322,8
34	1,15	30,0	1,33	10936,57	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	14844,1	3151,8
35	1,15	31,9	1,36	9635,69	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	13200,6	2950,9
36	1,15	33,9	1,39	8210,95	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	11346,8	2710,7
37	1,15	35,9	1,42	6653,97	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	9254,7	2423,7
38	1,15	37,9	1,46	4954,85	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	6886,2	2077,8
39	1,15	40,0	1,5	3101,76	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	4196,9	1660,5
40	1,15	42,2	1,56	1080,27	0,0	0,0	0,08	14,6	0,0	1123,6	1148,9



11. MODELLAZIONE DELLA STABILITÀ DELL'AREA (WTG SG15 NEW)

11.1. 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

N	x (m)	y (m)
1	10,0	490,65
2	20,0	491,11
3	30,0	491,6
4	40,0	492,15
5	50,0	492,77
6	60,0	493,46
7	70,0	494,25
8	80,0	495,08
9	90,0	495,9
10	91,25	496,0
11	98,7	496,0
12	98,7	496,6
13	100,0	496,71
14	110,0	497,43
15	120,0	498,09
16	130,0	498,72
17	140,0	499,31
18	150,0	499,87
19	160,0	500,37
20	169,85	500,9
21	180,0	501,5

Vertici strato 1

N	x (m)	y (m)
1	10,0	490,65
2	10,0	484,64
3	20,28	485,12
4	30,31	485,61
5	40,35	486,16
6	50,39	486,78
7	60,44	487,48
8	70,48	488,27
9	80,5	489,1
10	90,49	489,92
11	95,48	490,33
12	100,46	490,72
13	110,41	491,44
14	120,39	492,1
15	130,37	492,74
16	140,34	493,32
17	150,32	493,87
18	160,31	494,37
19	170,18	494,91
20	180,0	495,49
21	180,0	501,5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	10,0	484,64
2	10,0	482,64
3	20,38	483,12
4	30,41	483,61
5	40,47	484,16
6	50,52	484,78
7	60,59	485,48
8	70,64	486,28
9	80,66	487,11
10	90,65	487,93
11	95,64	488,33
12	100,61	488,73
13	110,55	489,45
14	120,52	490,11
15	130,49	490,74
16	140,46	491,32
17	150,42	491,88
18	160,42	492,38
19	170,3	492,91
20	180,0	493,48
21	180,0	495,49

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	10,0	482,64
2	10,0	478,64
3	20,57	479,12
4	30,62	479,62
5	40,7	480,17
6	50,79	480,79
7	60,89	481,49
8	70,97	482,29
9	80,99	483,12
10	90,97	483,94
11	95,97	484,34
12	100,91	484,74
13	110,83	485,46
14	120,78	486,11
15	130,73	486,75
16	140,68	487,33
17	150,63	487,88
18	160,63	488,38
19	170,52	488,92
20	180,0	489,48
21	180,0	493,48

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	0.6	24	1600	1800	Sabbie limose sciolte	
2	0	1	26	1700	1900	Sabbie limose med. addensate	
3	0	2.5	30	1900	2000	Sabbie limose argillose	
4	0	5	35	2000	2200	Sabbie limose argillose e argille limose	

11.2. 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.

11.2.1. 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

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
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

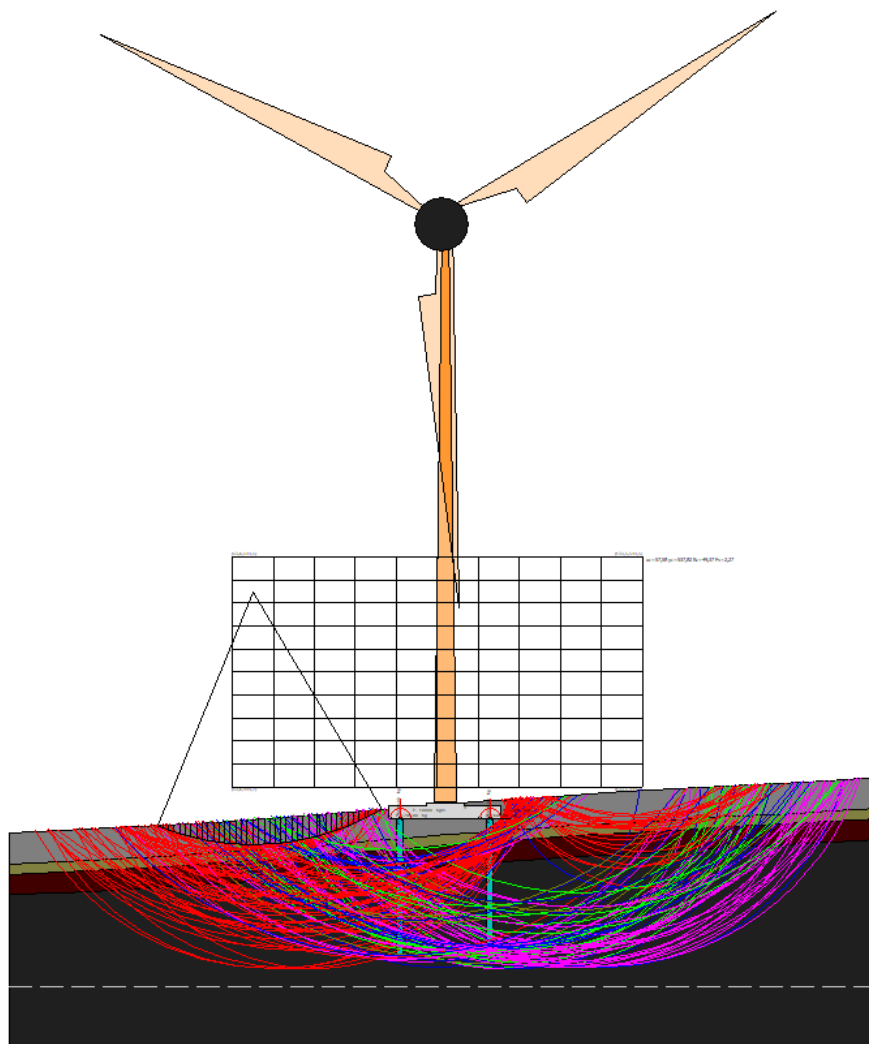
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	53,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	499,71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	133,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	544,55 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,127
Coefficiente azione sismica verticale	0,063

11.2.1.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



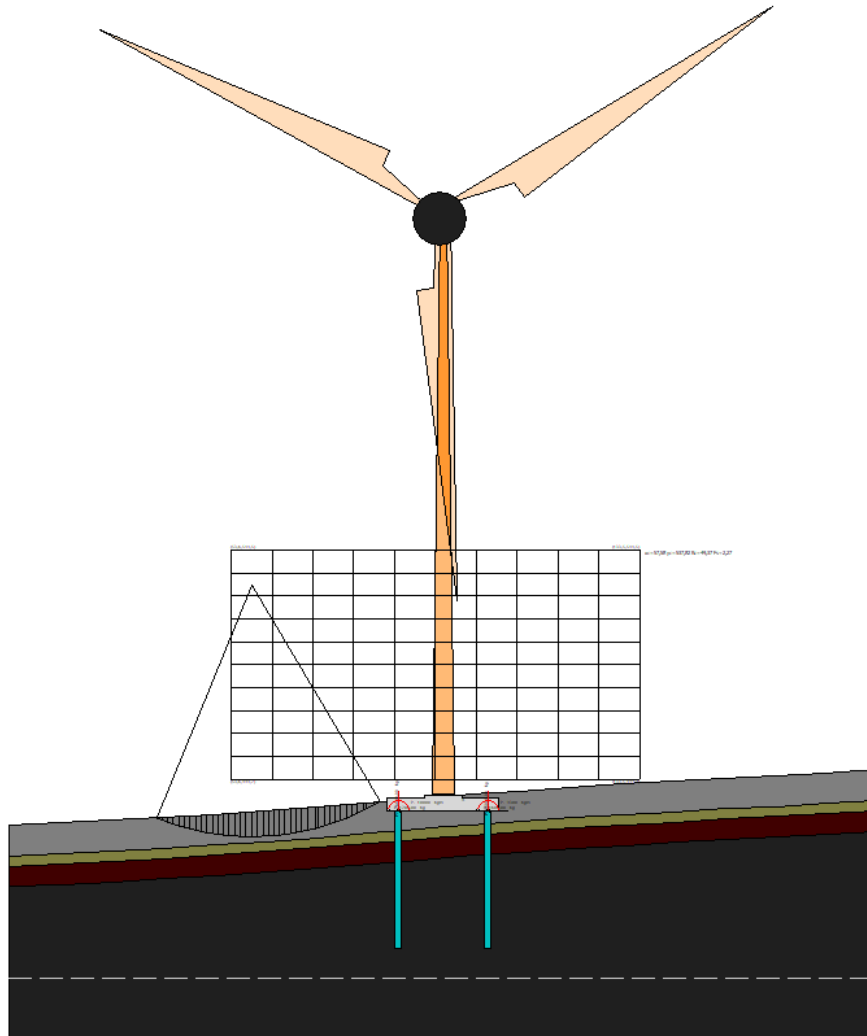
Superficie a fattore minimo individuato

Fs minimo individuato	2,27
Ascissa centro superficie	57,58 m
Ordinata centro superficie	537,82 m
Raggio superficie	49,37 m

$x_c = 57,581$ $y_c = 537,824$ $R_c = 49,375$ $F_s = 2,274$

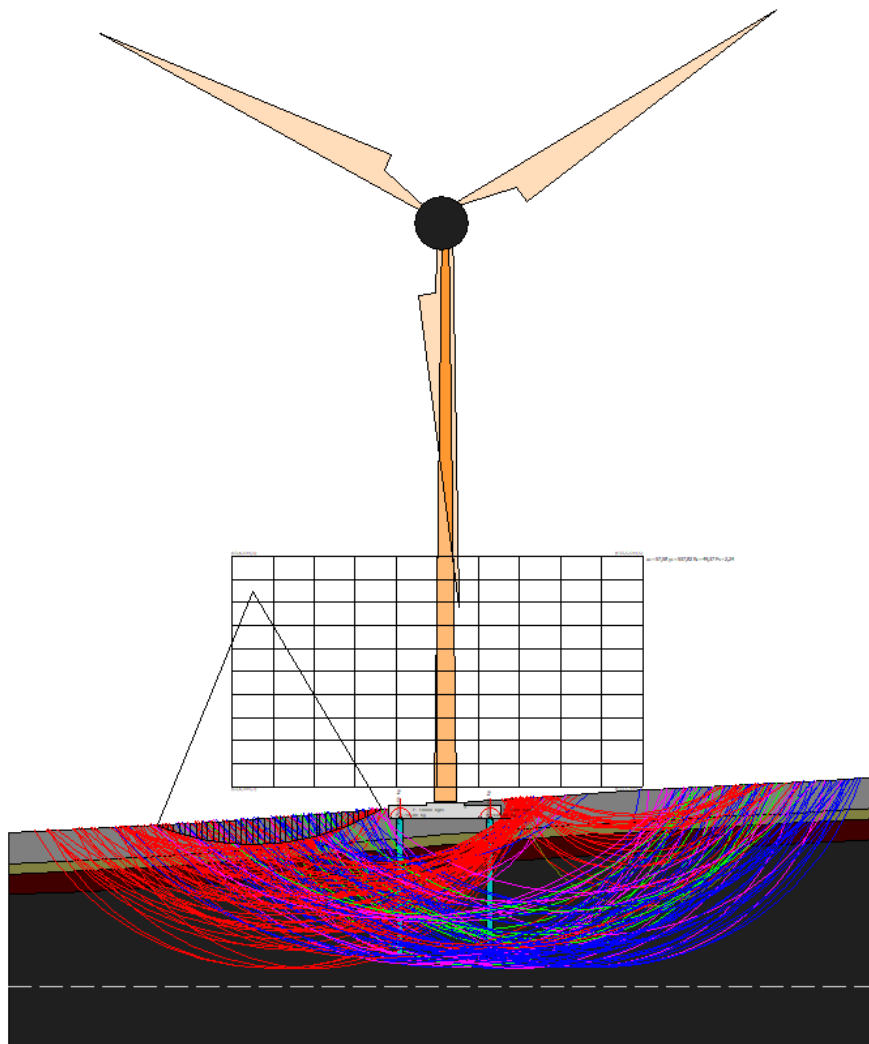
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,03	-21,5	1,11	387,14	49,17	24,39	0,0	24,0	0,0	450,8	88,2
2	1,15	-20,2	1,23	1318,15	167,4	83,04	0,0	24,0	0,0	1512,8	296,1
3	1,09	-18,8	1,15	2063,63	262,08	130,01	0,0	24,0	0,0	2334,5	457,0
4	1,09	-17,4	1,15	2806,28	356,4	176,8	0,0	24,0	0,0	3133,9	613,5
5	1,09	-16,1	1,14	3500,3	444,54	220,52	0,0	24,0	0,0	3861,7	755,9

6	1,09	-14,8	1,13	4146,58	526,62	261,23	0,0	24,0	0,0	4522,2	885,2
7	1,09	-13,5	1,12	4746,08	602,75	299,0	0,0	24,0	0,0	5120,9	1002,4
8	1,09	-12,2	1,12	5299,58	673,05	333,87	0,0	24,0	0,0	5661,2	1108,2
9	1,09	-10,9	1,11	5807,9	737,6	365,9	0,0	24,0	0,0	6145,7	1203,0
10	1,2	-9,5	1,21	6900,2	876,32	434,71	0,0	24,0	0,0	7234,7	1416,2
11	0,99	-8,3	1,0	6068,31	770,68	382,3	0,0	24,0	0,0	6311,2	1235,4
12	1,09	-7,0	1,1	7086,86	900,03	446,47	0,0	24,0	0,0	7317,5	1432,4
13	1,09	-5,8	1,1	7433,72	944,08	468,32	0,0	24,0	0,0	7621,6	1491,9
14	1,09	-4,5	1,1	7737,57	982,67	487,47	0,0	24,0	0,0	7882,4	1543,0
15	1,09	-3,2	1,09	7998,83	1015,85	503,93	0,0	24,0	0,0	8100,7	1585,7
16	1,09	-1,9	1,09	8217,56	1043,63	517,71	0,0	24,0	0,0	8277,2	1620,3
17	1,09	-0,7	1,09	8393,99	1066,04	528,82	0,0	24,0	0,0	8414,1	1647,1
18	1,09	0,6	1,09	8528,12	1083,07	537,27	0,0	24,0	0,0	8511,7	1666,2
19	1,36	2,0	1,37	10776,2	1368,58	678,9	0,0	24,0	0,0	10708,9	2096,3
20	0,82	3,3	0,82	6519,0	827,91	410,7	0,0	24,0	0,0	6457,1	1264,0
21	1,09	4,4	1,1	8699,16	1104,79	548,05	0,0	24,0	0,0	8595,7	1682,6
22	1,09	5,7	1,1	8681,6	1102,56	546,94	0,0	24,0	0,0	8558,0	1675,2
23	1,09	7,0	1,1	8621,18	1094,89	543,13	0,0	24,0	0,0	8482,5	1660,5
24	1,09	8,2	1,1	8517,58	1081,73	536,61	0,0	24,0	0,0	8369,3	1638,3
25	1,09	9,5	1,11	8370,39	1063,04	527,33	0,0	24,0	0,0	8217,6	1608,6
26	1,09	10,8	1,11	8179,02	1038,74	515,28	0,0	24,0	0,0	8026,8	1571,2
27	1,09	12,1	1,12	7943,21	1008,79	500,42	0,0	24,0	0,0	7796,5	1526,2
28	1,53	13,7	1,58	10650,12	1352,57	670,96	0,0	24,0	0,0	10462,4	2048,0
29	0,65	15,0	0,68	4350,05	552,46	274,05	0,0	24,0	0,0	4278,9	837,6
30	1,09	16,0	1,14	6969,42	885,12	439,07	0,0	24,0	0,0	6865,0	1343,8
31	1,09	17,3	1,14	6555,63	832,56	413,0	0,0	24,0	0,0	6472,2	1266,9
32	1,09	18,7	1,15	6093,13	773,83	383,87	0,0	24,0	0,0	6032,5	1180,9
33	1,09	20,0	1,16	5580,88	708,77	351,6	0,0	24,0	0,0	5544,3	1085,3
34	1,09	21,4	1,17	5017,75	637,25	316,12	0,0	24,0	0,0	5004,9	979,7
35	1,09	22,7	1,18	4402,27	559,09	277,34	0,0	24,0	0,0	4411,2	863,5
36	1,09	24,1	1,2	3732,86	474,07	235,17	0,0	24,0	0,0	3760,4	736,1
37	1,09	25,5	1,21	3007,81	381,99	189,49	0,0	24,0	0,0	3048,0	596,7
38	0,6	26,6	0,68	1331,7	169,13	83,9	0,0	24,0	0,0	1356,4	265,5
39	1,58	28,1	1,79	2278,67	289,39	143,56	0,0	24,0	0,0	2338,1	457,7
40	1,09	29,8	1,26	476,79	60,55	30,04	0,0	24,0	0,0	494,1	96,7



11.2.1.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

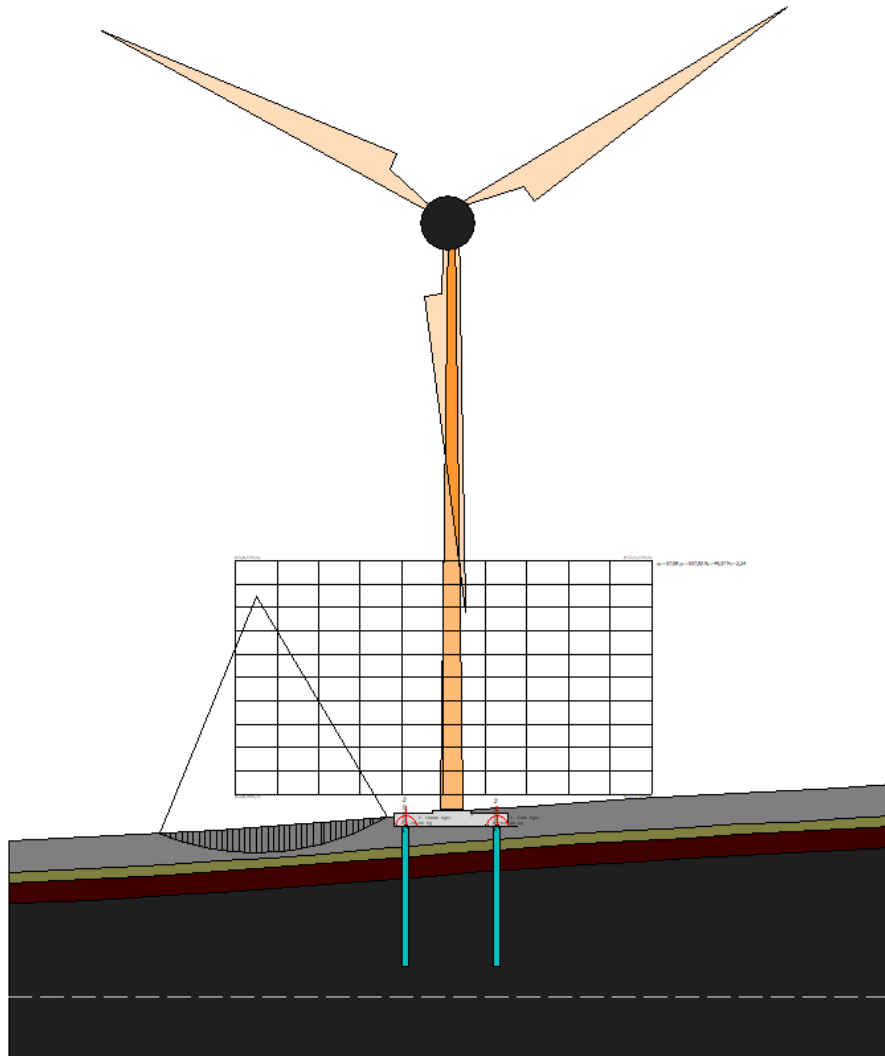
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	2,24
Ascissa centro superficie	57,58 m
Ordinata centro superficie	537,82 m
Raggio superficie	49,37 m

$xc = 57,581$ $yc = 537,824$ $Rc = 49,375$ $Fs=2,238$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	1,03	-21,5	1,11	387,14	49,17	24,39	0,0	24,0	0,0	451,4	96,5
2	1,15	-20,2	1,23	1318,15	167,4	83,04	0,0	24,0	0,0	1514,7	320,9
3	1,09	-18,8	1,15	2063,63	262,08	130,01	0,0	24,0	0,0	2337,2	490,9

4	1,09	-17,4	1,15	2806,28	356,4	176,8	0,0	24,0	0,0	3137,1	653,9
5	1,09	-16,1	1,14	3500,3	444,54	220,52	0,0	24,0	0,0	3865,4	800,1
6	1,09	-14,8	1,13	4146,58	526,62	261,23	0,0	24,0	0,0	4526,2	930,9
7	1,09	-13,5	1,12	4746,08	602,75	299,0	0,0	24,0	0,0	5124,9	1048,1
8	1,09	-12,2	1,12	5299,58	673,05	333,87	0,0	24,0	0,0	5665,2	1152,6
9	1,09	-10,9	1,11	5807,9	737,6	365,9	0,0	24,0	0,0	6149,6	1245,4
10	1,2	-9,5	1,21	6900,2	876,32	434,71	0,0	24,0	0,0	7238,6	1459,7
11	0,99	-8,3	1,0	6068,31	770,68	382,3	0,0	24,0	0,0	6314,2	1268,9
12	1,09	-7,0	1,1	7086,86	900,03	446,47	0,0	24,0	0,0	7320,4	1466,9
13	1,09	-5,8	1,1	7433,72	944,08	468,32	0,0	24,0	0,0	7624,0	1523,9
14	1,09	-4,5	1,1	7737,57	982,67	487,47	0,0	24,0	0,0	7884,4	1572,8
15	1,09	-3,2	1,09	7998,83	1015,85	503,93	0,0	24,0	0,0	8102,2	1613,8
16	1,09	-1,9	1,09	8217,56	1043,63	517,71	0,0	24,0	0,0	8278,1	1647,2
17	1,09	-0,7	1,09	8393,99	1066,04	528,82	0,0	24,0	0,0	8414,4	1673,5
18	1,09	0,6	1,09	8528,12	1083,07	537,27	0,0	24,0	0,0	8511,4	1692,8
19	1,36	2,0	1,37	10776,2	1368,58	678,9	0,0	24,0	0,0	10707,8	2130,8
20	0,82	3,3	0,82	6519,0	827,91	410,7	0,0	24,0	0,0	6455,9	1286,0
21	1,09	4,4	1,1	8699,16	1104,79	548,05	0,0	24,0	0,0	8593,6	1714,0
22	1,09	5,7	1,1	8681,6	1102,56	546,94	0,0	24,0	0,0	8555,4	1709,8
23	1,09	7,0	1,1	8621,18	1094,89	543,13	0,0	24,0	0,0	8479,4	1698,8
24	1,09	8,2	1,1	8517,58	1081,73	536,61	0,0	24,0	0,0	8365,6	1681,0
25	1,09	9,5	1,11	8370,39	1063,04	527,33	0,0	24,0	0,0	8213,4	1656,1
26	1,09	10,8	1,11	8179,02	1038,74	515,28	0,0	24,0	0,0	8022,2	1624,2
27	1,09	12,1	1,12	7943,21	1008,79	500,42	0,0	24,0	0,0	7791,5	1584,6
28	1,53	13,7	1,58	10650,12	1352,57	670,96	0,0	24,0	0,0	10454,8	2139,6
29	0,65	15,0	0,68	4350,05	552,46	274,05	0,0	24,0	0,0	4275,5	880,2
30	1,09	16,0	1,14	6969,42	885,12	439,07	0,0	24,0	0,0	6859,2	1419,1
31	1,09	17,3	1,14	6555,63	832,56	413,0	0,0	24,0	0,0	6466,2	1347,2
32	1,09	18,7	1,15	6093,13	773,83	383,87	0,0	24,0	0,0	6026,6	1265,1
33	1,09	20,0	1,16	5580,88	708,77	351,6	0,0	24,0	0,0	5538,5	1172,3
34	1,09	21,4	1,17	5017,75	637,25	316,12	0,0	24,0	0,0	4999,2	1067,6
35	1,09	22,7	1,18	4402,27	559,09	277,34	0,0	24,0	0,0	4405,9	950,0
36	1,09	24,1	1,2	3732,86	474,07	235,17	0,0	24,0	0,0	3755,6	818,3
37	1,09	25,5	1,21	3007,81	381,99	189,49	0,0	24,0	0,0	3043,9	670,7
38	0,6	26,6	0,68	1331,7	169,13	83,9	0,0	24,0	0,0	1354,5	301,3
39	1,58	28,1	1,79	2278,67	289,39	143,56	0,0	24,0	0,0	2334,6	526,1
40	1,09	29,8	1,26	476,79	60,55	30,04	0,0	24,0	0,0	493,3	113,1



11.2.2. 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

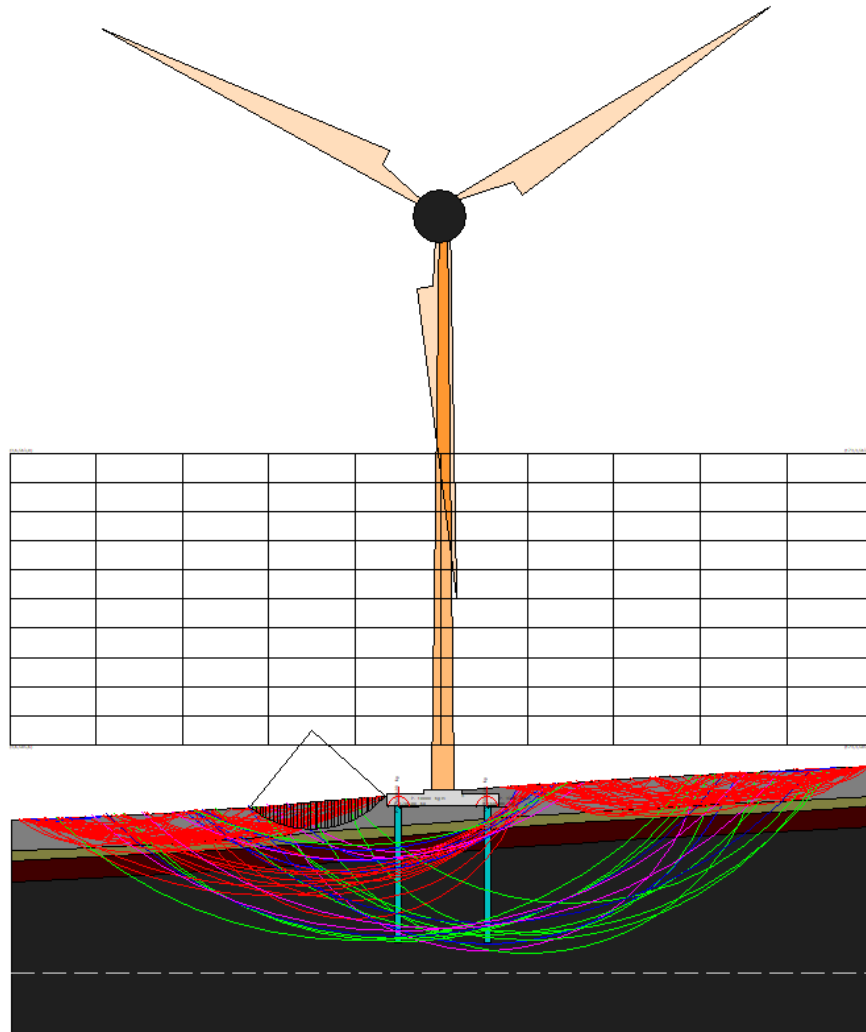
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici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

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	9,63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	505,57 m
Ascissa vertice destro superiore xs	179,89 m
Ordinata vertice destro superiore ys	563,04 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

11.2.2.1. METODO DI BISHOP

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

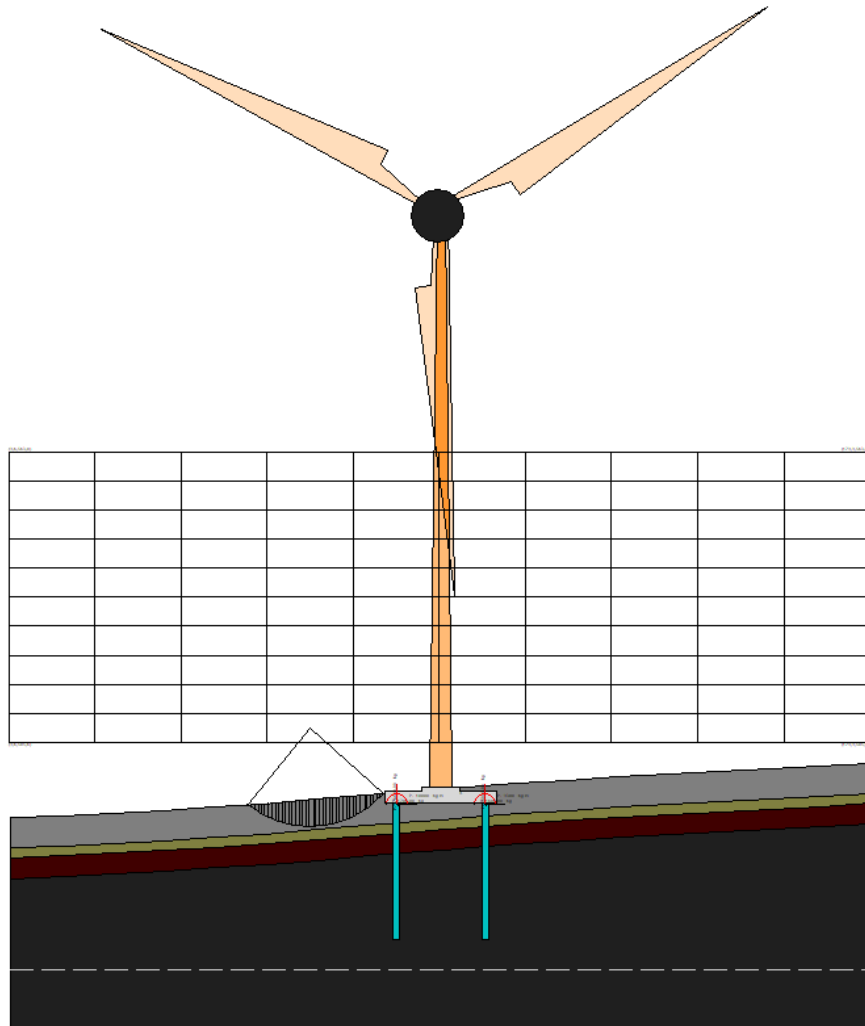
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	2,96
Ascissa centro superficie	69,22 m
Ordinata centro superficie	508,45 m
Raggio superficie	19,51 m

$x_c = 69,218$ $y_c = 508,446$ $R_c = 19,513$ $F_s = 2,961$

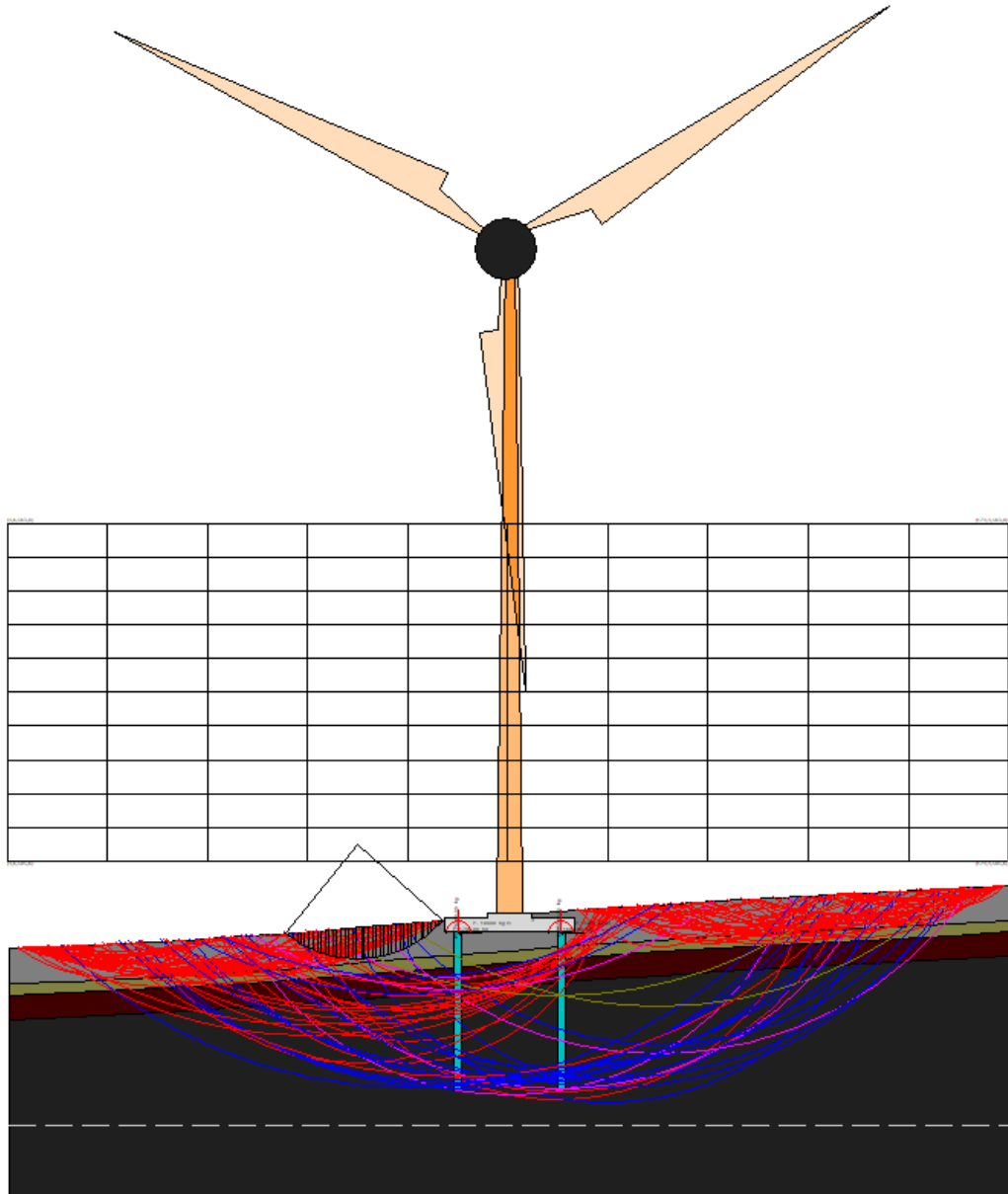
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,67	-37,6	0,84	307,17	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	342,0	41,1
2	0,67	-35,2	0,82	883,91	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	945,4	113,7

3	0,67	-32,8	0,8	1415,7	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1461,1	175,7
4	0,67	-30,5	0,78	1906,21	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1904,7	229,1
5	0,35	-28,8	0,4	1183,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1156,4	139,1
6	0,99	-26,6	1,1	3959,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3767,7	453,2
7	0,67	-23,9	0,73	3170,52	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2930,1	352,4
8	0,67	-21,8	0,72	3527,73	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3192,0	383,9
9	0,67	-19,6	0,71	3854,3	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3420,7	411,4
10	0,67	-17,6	0,7	4151,55	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3621,7	435,6
11	0,67	-15,5	0,69	4420,58	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3797,4	456,7
12	0,67	-13,5	0,69	4662,09	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3949,9	475,1
13	0,67	-11,5	0,68	4876,97	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4081,5	490,9
14	0,67	-9,5	0,68	5065,9	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4193,1	504,3
15	0,67	-7,5	0,67	5229,13	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4287,3	515,7
16	0,67	-5,5	0,67	5367,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4364,8	525,0
17	0,67	-3,6	0,67	5480,64	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4426,3	532,4
18	0,67	-1,6	0,67	5569,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4472,4	537,9
19	0,99	0,8	0,99	8372,24	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	10866,0	1306,9
20	0,35	2,9	0,35	2936,04	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3798,8	456,9
21	0,67	4,3	0,67	5690,99	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7352,7	884,4
22	0,67	6,3	0,67	5684,07	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7336,8	882,4
23	0,67	8,2	0,68	5652,34	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7297,6	877,7
24	0,67	10,2	0,68	5595,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7234,3	870,1
25	0,67	12,2	0,68	5512,43	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7146,4	859,5
26	0,67	14,3	0,69	5403,27	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7032,5	845,8
27	0,67	16,3	0,7	5267,32	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6891,5	828,9
28	0,67	18,4	0,7	5103,64	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6722,3	808,5
29	0,67	20,4	0,71	4911,22	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6521,2	784,4
30	0,67	22,5	0,72	4689,13	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6286,2	756,1
31	0,67	24,7	0,74	4435,81	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6013,8	723,3
32	0,67	26,9	0,75	4149,89	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	5699,8	685,6
33	0,67	29,1	0,77	3829,44	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	5340,0	642,3
34	0,96	31,9	1,13	4883,29	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6955,0	836,5
35	0,37	34,2	0,45	1666,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2420,9	291,2
36	0,67	36,1	0,83	2636,01	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3898,3	468,9
37	0,67	38,6	0,86	2149,98	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3261,9	392,3
38	0,67	41,1	0,89	1612,66	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2517,7	302,8
39	0,67	43,8	0,93	1017,94	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1643,4	197,7
40	0,67	46,6	0,97	358,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	600,5	72,2



11.2.2.2. METODO DI JAMBU

Superfici individuate



Superficie a fattore minimo individuato

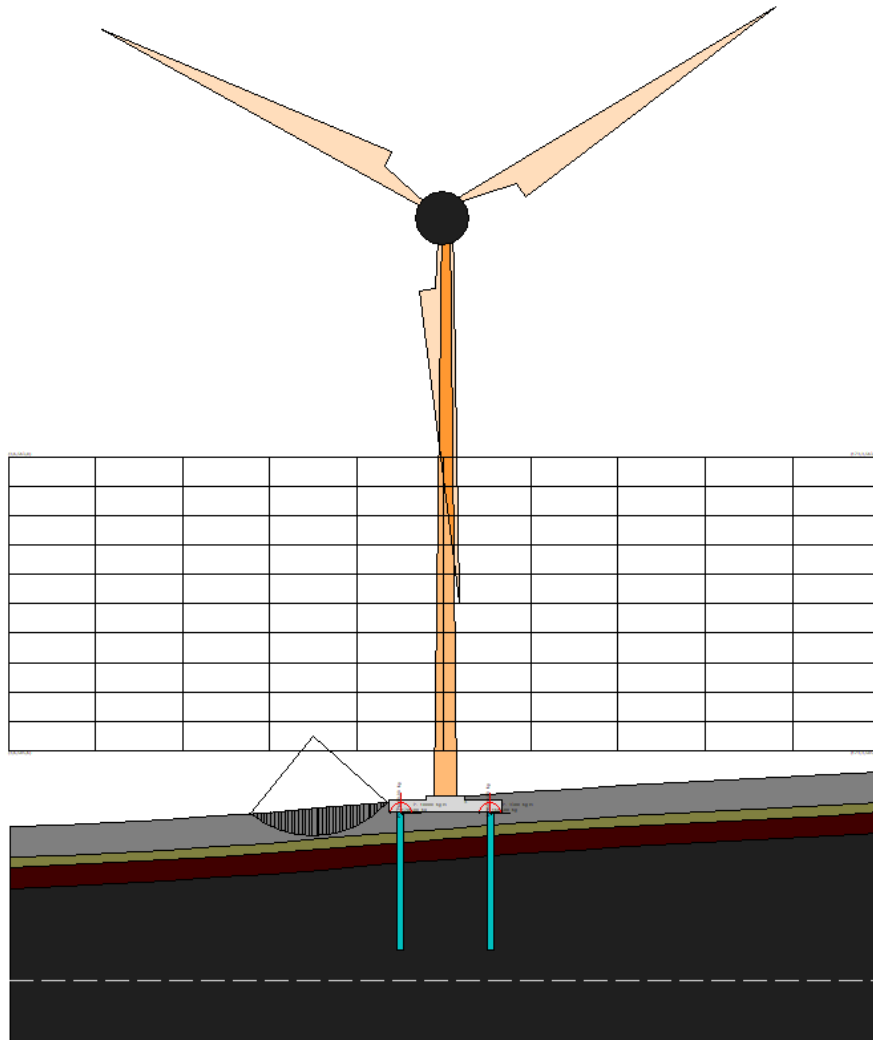
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	2,74
Ascissa centro superficie	69,22 m
Ordinata centro superficie	508,45 m
Raggio superficie	19,51 m

$$xc = 69,218 \quad yc = 508,446 \quad Rc = 19,513 \quad Fs=2,739$$

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
-----	---	------	----	----	-------	-------	---	----	----	-----	----

	m	(°)	m	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/cm ²)	(°)	(kg)	(kg)	(kg)
1	0,67	-37,6	0,84	307,17	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	344,8	56,6
2	0,67	-35,2	0,82	883,91	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	952,5	151,5
3	0,67	-32,8	0,8	1415,7	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1471,1	227,6
4	0,67	-30,5	0,78	1906,21	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1916,5	289,1
5	0,35	-28,8	0,4	1183,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1163,0	172,5
6	0,99	-26,6	1,1	3959,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3787,3	550,5
7	0,67	-23,9	0,73	3170,52	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2943,4	418,5
8	0,67	-21,8	0,72	3527,73	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3205,1	448,6
9	0,67	-19,6	0,71	3854,3	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3433,1	473,9
10	0,67	-17,6	0,7	4151,55	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3633,4	495,5
11	0,67	-15,5	0,69	4420,58	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3808,1	513,8
12	0,67	-13,5	0,69	4662,09	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3959,5	529,4
13	0,67	-11,5	0,68	4876,97	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4089,8	542,6
14	0,67	-9,5	0,68	5065,9	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4200,1	553,6
15	0,67	-7,5	0,67	5229,13	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4292,9	562,9
16	0,67	-5,5	0,67	5367,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4369,0	570,6
17	0,67	-3,6	0,67	5480,64	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4429,0	576,9
18	0,67	-1,6	0,67	5569,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	4473,6	581,8
19	0,99	0,8	0,99	8372,24	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	10864,5	1412,5
20	0,35	2,9	0,35	2936,04	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3797,0	494,2
21	0,67	4,3	0,67	5690,99	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7347,4	957,8
22	0,67	6,3	0,67	5684,07	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7329,1	958,5
23	0,67	8,2	0,68	5652,34	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7287,5	957,2
24	0,67	10,2	0,68	5595,15	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7221,9	954,1
25	0,67	12,2	0,68	5512,43	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7131,7	948,7
26	0,67	14,3	0,69	5403,27	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	7015,6	941,0
27	0,67	16,3	0,7	5267,32	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6872,6	930,8
28	0,67	18,4	0,7	5103,64	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6701,5	917,9
29	0,67	20,4	0,71	4911,22	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6498,7	901,6
30	0,67	22,5	0,72	4689,13	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6262,2	881,4
31	0,67	24,7	0,74	4435,81	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	5988,5	856,8
32	0,67	26,9	0,75	4149,89	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	5673,5	826,7
33	0,67	29,1	0,77	3829,44	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	5313,0	790,5
34	0,96	31,9	1,13	4883,29	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	6916,1	1058,7
35	0,37	34,2	0,45	1666,36	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2406,2	378,1
36	0,67	36,1	0,83	2636,01	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3873,1	623,0
37	0,67	38,6	0,86	2149,98	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	3239,0	538,5
38	0,67	41,1	0,89	1612,66	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	2498,6	431,0
39	0,67	43,8	0,93	1017,94	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	1629,8	293,4
40	0,67	46,6	0,97	358,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	595,1	112,5



11.3. 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 SEZIONE 10				
Condizione	SLV		SLU	
	metodo di calcolo		metodo di calcolo	
	Bishop	Janbu	Bishop	Janbu
Drenata	1,624	1,595	2,170	1,971

RISULTATI ANALISI DI STABILITA' GLOBALE SEZIONE 15				
Condizione	SLV		SLU	
	metodo di calcolo		metodo di calcolo	
	Bishop	Janbu	Bishop	Janbu
Drenata	2,274	2,238	2,961	2,739

12. CONCLUSIONI

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

Tutti gli aerogeneratori, con relative piazzole e viabilità d'accesso, a meno dell'aerogeneratore WTG SG15, ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1).

L'aerogeneratore WTG SG15, con relativa piazzola e viabilità d'accesso, ricade all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2).

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.1) si precisa, ai sensi dell'art. 15 co. 1 delle N.T.A. del P.A.I., che in tali aree sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.2) si precisa, ai sensi dell'art. 14 co. 1 lett.b) delle N.T.A. del P.A.I., che ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato.

Dall'analisi del P.A.I., si è visto che tutti gli aerogeneratori ricadono nella zona classificata come P.G.1, disciplinata dall'art. 15 co. 1 delle N.T.A., per la quale le stesse prevedono la redazione di uno studio di compatibilità dell'intervento solo nel caso in cui quest'ultimo possa determinare condizioni di instabilità, a meno dell'aerogeneratore WTG SG15 NEW, ricadente in un'area classificata come P.G.2, disciplinata dall'art. 14 co. 1 lett.b) delle N.T.A. del P.A.I., per la quale, invece, le stesse prevedono sempre la redazione di uno studio di compatibilità dell'intervento.



Inoltre, in base a quanto descritto in merito alla pericolosità geomorfologica dell'area, emerge che i percorsi del cavidotto MT attraversano delle aree a pericolosità geomorfologica. Con riferimento alle interferenze rilevate con la perimetrazione della pericolosità geomorfologica dell'ex Autorità di Bacino della Puglia (P.G.3), relative alla sola sostituzione del cavidotto MT, interrato al di sotto della viabilità esistente, che, in corrispondenza di tali interferenze, segue lo stesso percorso del cavidotto esistente, si precisa che, ai sensi dell'art. 13 co. 1 lett. d), l'intervento è consentito. 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. Inoltre, va considerato che la scelta relativa al posizionamento 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.

La Stazione Elettrica di Utenza, l'impianto di utenza e di rete per la connessione ricadono all'interno di aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2); tali opere restano le medesime dell'impianto eolico esistente.

Pertanto, il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica è stato redatto per l'aerogeneratore WTG SGP10 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.1, al fine di dimostrare il non aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio da parte del Progetto di ammodernamento in esame, e per l'aerogeneratore WTG SG15 NEW, ricadente nella perimetrazione P.G.2. Gli aerogeneratori WTG SGP10 NEW e WTG SG15 NEW sono posti rispettivamente nel Parco Nord e nel Parco Sud.

Infatti, 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).

Infine, si sottolinea che nel presente studio si è tenuto in considerazione anche quanto previsto dalla *determinazione n.162/2014 della Regione Puglia* (direttive tecniche esplicative per gli impatti cumulativi) al Sottotema III – Rischio geomorfologico/idrogeologico.

	<p>1MTGFJ4_DocumentazioneSpecialistica_15</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Sant'Agata" da 72 MW, con smantellamento degli attuali 36 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 17 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 115,6 MW</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 224302_D_R_0127 Rev. 00</p>		

In particolare, è stata definita la fascia a ridosso delle torri considerate per le analisi di stabilità e si è rilevata la presenza di una sola torre ricadente nei due domini, che potrebbe concorrere alla valutazione cumulativa dell'impatto geomorfologico. La torre in esame è localizzata nelle vicinanze della WTG SG15 NEW ma come illustrato ai paragrafi precedenti, in tutte le verifiche di stabilità effettuate, la superficie di scorrimento a fattore minimo interessa porzioni di terreno che si estendono al massimo per 30,00 m a valle della torre in progetto, mentre quella esistente si trova a circa 450,00 m. Quanto illustrato fa emergere l'assenza di interferenza tra le torri in esame, inoltre, considerato il posizionamento delle opere, siccome quella esistente è localizzata a valle della torre in progetto, aggiungere il sovraccarico riportato nella Determinazione Regionale significa ragionare a svantaggio di sicurezza. Pertanto si può concludere che le valutazioni condotte tengono conto anche delle specifiche citate.

