



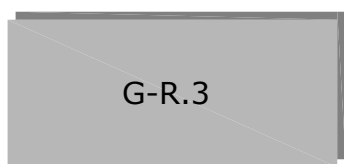
REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI BORGO VAL DI TARO



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DEL PARCO EOLICO
"MONTE CROCE DI FERRO"

Potenza complessiva 30 MW

PROGETTO DEFINITIVO
DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI



G-R.3

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE

**BORGOTARO
WIND**

**Piazza del Grano 3
39100 Bolzano, Italia**

GRUPPO DI LAVORO

Ing. GIUSEPPE STEFANINI: progettista opere civili, idrauliche e calcoli strutturali

Ing. PIETRO RICCIARDINI (GEOTECH srl): progettista opere elettriche e sottostazione

Ing. GIULIO BARTOLI, Dott. Geol. STEFANO MANTOVANI (MMA srl): SIA, studi paesaggistici, relazioni specialistiche, studio geologico geotecnico, studio di impatto acustico, simulazioni fotografiche

Dott.ssa. MARIA GRAZIA LISENO (NOSTOI srl): studio archeologico

Prof. DINO SCARAVELLI (Coop. S.T.E.R.N.A.): relazione faunistica, piano di monitoraggio faunistico, avifaunistico e chiroteri, relazione floristico-vegetazionale

Arch. LUCIANO SERCHIA: consulente paesaggistico

Arch. STEFANO BOTTI (ABACUS sas) geom. CESARE SCHIATTI (STUDIO ARCO srl): rilievi aerofotogrammetrici e GNSS, documentazioni fotografiche da drone e da terra

Arch. MATTEO MASCIA: modellazione tridimensionale e renderizzazione fotorealistica

Dott. ENRICO CIRCELLI: consulenza micologica

Dott. Forestale FRANCESCO MARIOTTI: progettista interventi forestali compensativi

SCALA:

FIRME



Giulio Bartoli



Stefano Mantovani

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione	Mantovani	Mantovani	Piovatizzi A.	Marzo 2022
01	Integrazione nota ARPAE SAC Parma Prot. n. 203102/2022 del 12/12/2022	Mantovani	Mantovani	Piovatizzi A.	Marzo 2023



REGIONE EMILIA ROMAGNA

Comune di Borgo Val di Taro (Parma)

BORGOTAROWIND

Borgotaro Wind Srl

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 03127880213

**PROGETTO DEL
PARCO EOLICO “MONTE CROCE DI FERRO”,
DELLE OPERE CONNESSE E
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

PROGETTO PARCO EOLICO

**G-R.3
RELAZIONE GEOTECNICA
Torri eoliche e sottostazione utente**

Revisione 01 d.d. marzo 2023



INDICE

1. PREMESSA	3
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	7
4. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE	11
5. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E VOLUME SIGNIFICATIVO	12
5.1 Prove penetrometriche dinamiche tipo D.P.S.H.	13
5.2 Indagini sismiche a rifrazione	14
5.3 Dati geognostici bibliografici	16
5.4 Indagini geognostiche sottostazione utente.....	17
6. ANALISI DEI DATI E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA	18
6.1 Elaborazione ed interpretazione prove DPSH	18
6.2 Elaborazione ed interpretazione prospezioni tomografiche con tecnica a rifrazione	24
6.3 Elaborazione ed interpretazione indagini geognostiche sottostazione utente	38
7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELLE FORMAZIONI ROCCIOSE DI SUBSTRATO	39
7.1 Generalità	39
7.2 Classificazione ammassi rocciosi presenti nella zona di studio.....	42
7.3 Elaborazione ed interpretazione dati geognostici bibliografici	43
8. UNITÀ LITOTECNICHE E SEZIONI GEOLOGICHE	50
8.1 Torri eoliche	50
8.2 Sottostazione utente	54
9. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	55
9.1 Vita nominale	55
9.2 Classe d'uso	55
9.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica	56
9.4 Caratterizzazione delle azioni elementari	56
9.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	59
9.6 Determinazione della tensione e verifiche degli SLU e SLE.....	61
9.7 Valutazione dell'azione sismica	63
9.8 Condizioni e metodi di verifica	66
9.8.1 Stabilità dei pendii naturali	66
9.8.2 Cenni teorici	67
9.8.3 Risultati delle verifiche.....	70
9.8.3.1 AEROGENERATORE BT01	71
9.8.3.2 AEROGENERATORE BT02	76
9.8.3.3 AEROGENERATORE BT03	83
9.8.3.4 AEROGENERATORE BT04	89
9.8.3.5 AEROGENERATORE BT05	95
9.8.3.6 AEROGENERATORE BT06	101
9.8.3.7 AEROGENERATORE BT07	107
9.8.3.8 SOTTOSTAZIONE UTENTE	113
10. CONCLUSIONI	119



1. PREMESSA

Il presente elaborato è stato revisionato al fine di recepire le integrazioni richieste con note prot. 203102/2022 trasmessa in data 12/12/2022 e prot. 205606/2022 trasmessa in data 15/12/2022 da parte di ARPAE Servizio Autorizzazioni e Concessioni di Parma, nello specifico con riferimento alla nota SNAM S.p.A. el 28/10/2022 (acquisita agli atti da Arpae con PG/2021/178352 del 28/10/22) che esprime la seguente richiesta relativamente all'aerogeneratore BT02:

- *L'asse dell'aerogeneratore è posizionato oltre la fascia di sicurezza/servitù ma la proiezione della pala ricade all'interno di detta fascia e quindi in condizioni inaccettabili. Per ricondurre nella condizione di cui all'installazione BT1 è necessario che il progetto venga aggiornato spostando la proiezione della pala oltre la fascia di sicurezza/servitù;*

Il presente elaborato è stato altresì redatto tenendo in considerazione le modifiche progettuali introdotte rispetto alla proposta progettuale iniziale sottoposta ad iter procedurale di PAUR e che sono meglio descritte nell'elaborato RI-R.0 nelle premesse.

A seguito di incarico conferito da **BORGOTARO WIND srl con sede in Bolzano, Piazza del Grano 3** per la redazione dello studio geologico-sismico-geotecnico relativo alla **costruzione del Parco Eolico “Monte Croce di Ferro”**, attualmente in corso di progettazione, si è proceduto all'analisi degli aspetti geotecnici dei terreni per la valutazione della fattibilità dell'intervento proposto.

Lo studio è stato redatto sulla base delle prescrizioni riportate nell'Aggiornamento delle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17.01.2018 e Circolare 21.01.2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17.01.2018) e della vigente legislazione nazionale e locale, ed è finalizzato alla definizione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle unità geologiche presenti nell'area di intervento.



2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La zona oggetto del presente studio è ubicata in Comune di Borgo Val di Taro PR, nel settore sud-orientale del territorio comunale; in particolare, l'area del Parco Eolico si colloca in corrispondenza del crinale Tosco-Emiliano nella zona compresa all'incirca tra il Monte Croce di Ferro (ad Ovest) e il Monte Borraccia (ad Est); la sottostazione utente collegata al Parco è ubicata a Borgo Val di Taro, in un'area ad Est della stazione ferroviaria ed in particolare ad Est del Centro Edile.

L'ubicazione del sito è meglio illustrata nelle Figura 2.1, Figura 2.2, Figura 2.3, Figura 2.4 e Figura 2.5.

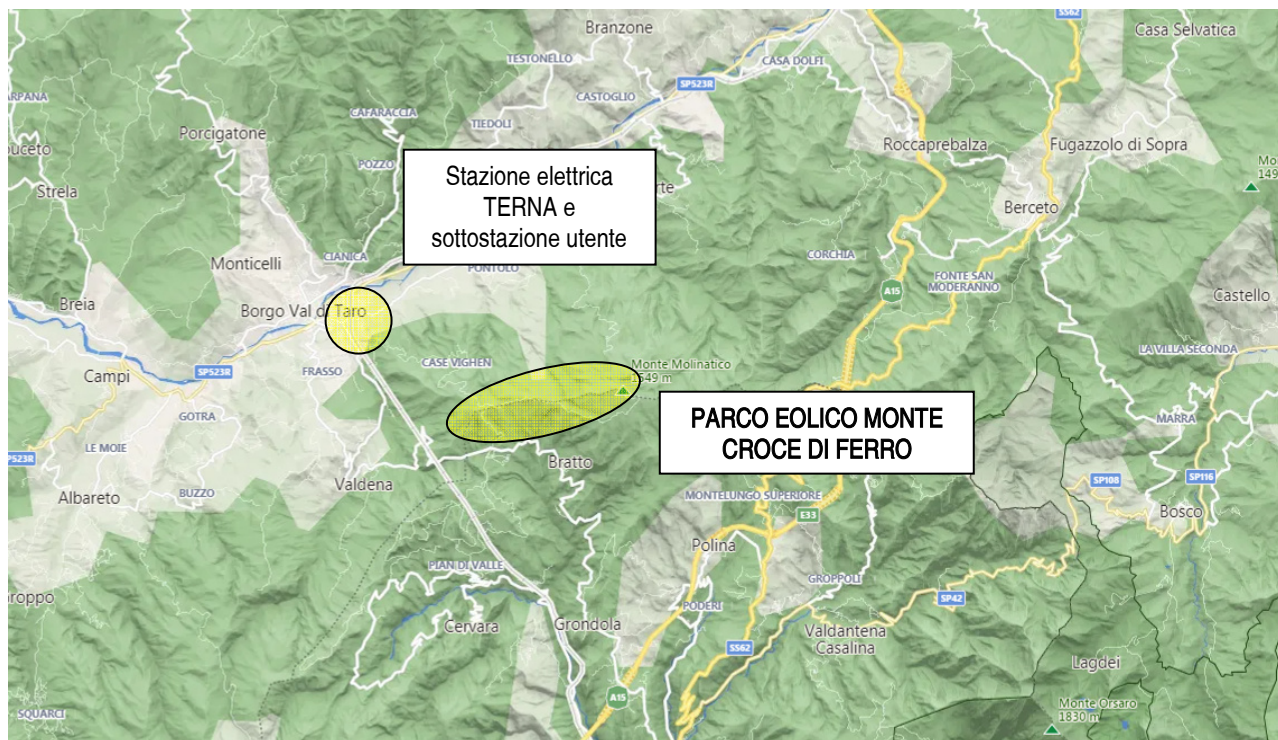


Figura 2.1 - Inquadramento territoriale

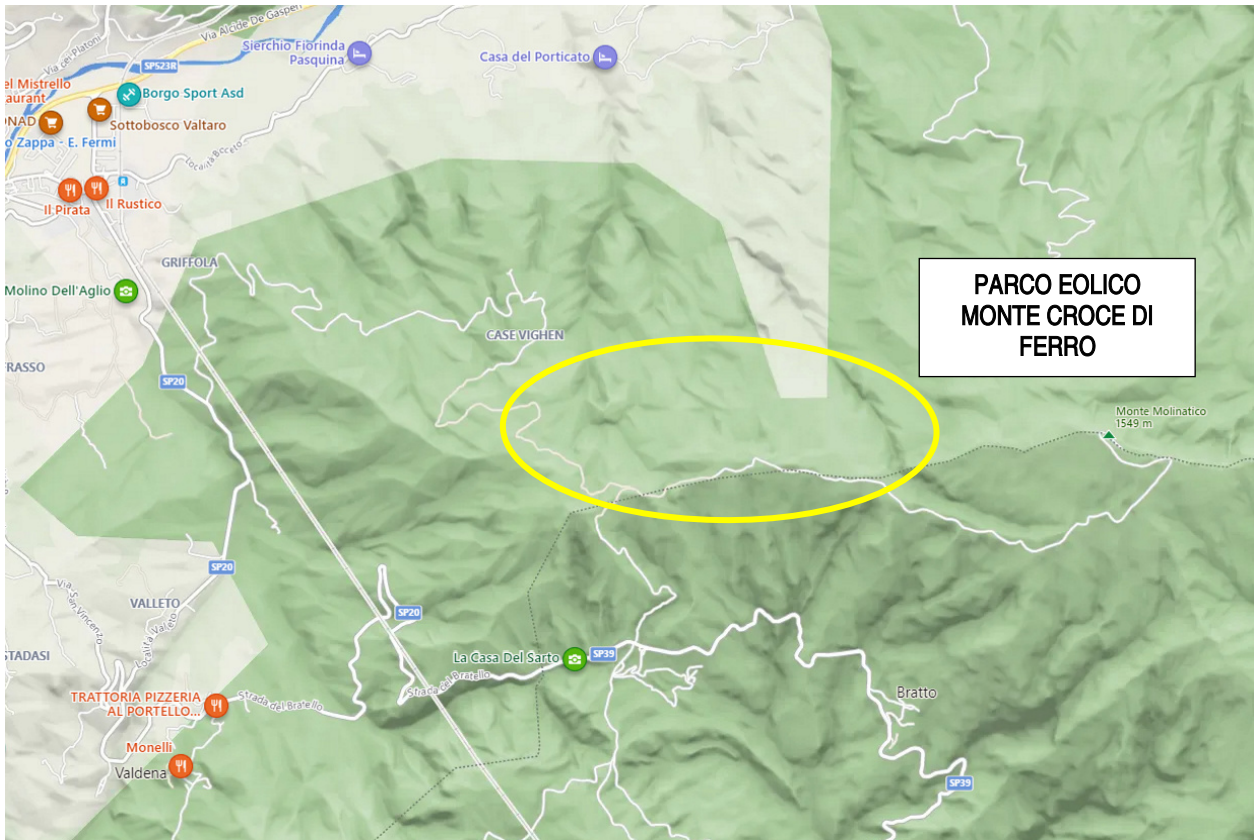


Figura 2.2 – Area del parco eolico

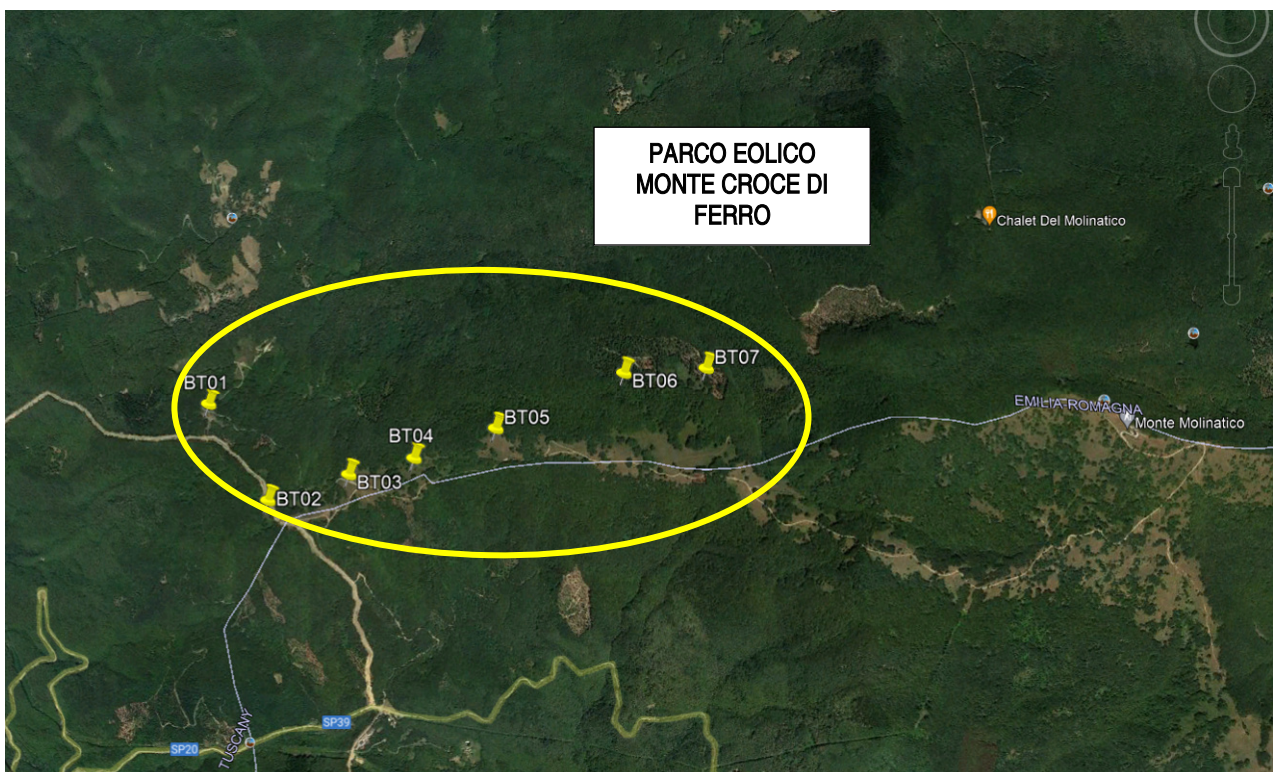
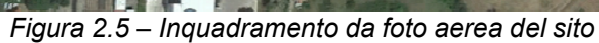
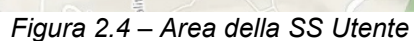


Figura 2.3 – Inquadramento da foto aerea del sito del parco eolico





3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto generale descritto nella presente relazione nasce dalla volontà della Società Proponente di realizzare un parco eolico per la produzione di energia elettrica denominato “Monte Croce di Ferro”, da costruire lungo il crinale omonimo posto nel territorio del comune di Borgo Val di Taro (PR).

L'impianto, proposto dalla società Borgotaro Wind S.r.l., sarà costituito da 7 aerogeneratori della potenza massima di 6,1 MW ove i singoli aerogeneratori saranno limitati a 4,2, 4,3 o 4,5 MW al fine di rispettare il vincolo della potenza massima di impianto di 30 MW sul punto di connessione alla RTN, in aderenza e nel rispetto della STMG ottenuta da Terna e accettata dalla scrivente società (elaborato AE-1_riservato). Da tali aerogeneratori, posti lungo una fascia di circa 2,3 km e compresi in un intervallo altimetrico di 135 m e collegati tra loro a gruppi in numero variabile da due a tre, l'energia elettrica prodotta verrà convogliata tramite un cavidotto interrato al punto di raccolta e consegna (sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT) e successivamente alla futura stazione elettrica Terna, prevista sempre nel territorio comunale di Borgo Val di Taro.

Il sito di intervento si colloca in prossimità del confine con la Regione Toscana, coincidente in quella zona con il dislivello delle acque, e si sviluppa lungo il pendio Emiliano distanziandosi dalla linea di massima quota da un minimo di 90 m ad un massimo di 620 m.

Il progetto è il risultato di una serie di studi che hanno preso in considerazione numerosi fattori, quali l'anemologia, l'orografia e l'accessibilità del sito, con lo scopo di massimizzare il rendimento dei singoli aerogeneratori e dell'impianto nel suo complesso, attraverso l'utilizzo di software appositi, nel rispetto della normativa vigente.

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 6,1 MW, limitata a 4,2, 4,3 o 4,5 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 158 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il trasformatore BT/MT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 132 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200,0 m;
- diametro massimo alla base del sostegno tubolare: 4,95 m;
- area spazzata massima: 19.607 mq.

La velocità del vento di avviamento (o velocità di cut-in) è la minima velocità alla quale la macchina inizia a ruotare ed è pari a 3,0 m/sec; una volta che la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento. La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di fuori servizio o di cut-out (25 m/sec); per ragioni di sicurezza, a partire dalla velocità nominale, la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

Le opere civili previste per la realizzazione del campo eolico sono di seguito elencate:

- viabilità interna: è costituita da una serie di strade e di piste di accesso, in parte esistenti e in parte di nuova realizzazione, che consentono di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno



collocati gli aerogeneratori. La progettazione stradale è stata svolta tenendo conto del fatto che la movimentazione dei pezzi componenti l'aerogeneratore e delle gru necessarie per il loro montaggio richiede una geometria stradale avente le seguenti caratteristiche minime:

- larghezza netta della pista 4,50 m
- raggio minimo di curvatura 24,00 m
- allargamento della pista in corrispondenza delle curve fino a 13 m totali
- pendenza longitudinale massima 21%
- raggio di curvatura minimo altimetrico 200,00 m

I rilevati stradali saranno realizzati utilizzando, per quanto possibile, il materiale presente in sito mediante stabilizzazione con calce per i rilevati e realizzazione di terre armate per il sostegno degli stessi. Dopo l'esecuzione della necessaria compattazione, verrà steso uno strato di geotessile, quindi verrà realizzata una fondazione in misto granulare dello spessore di 30 cm e infine uno strato superficiale di massiciata tipo A1-b D<30mm UNI 10006 dello spessore di 10 cm.

- piazzole provvisorie: sono state dimensionate per consentire il montaggio a terra del braccio della gru principale a mezzo di altre due gru di supporto. Una volta completate le fasi di montaggio degli aerogeneratori si provvederà a ripristinare le parti delle piazzole provvisorie non più necessarie ai fini dell'accesso alle zone più prossime all'aerogeneratore, che andranno a costituire le piazzole definitive. In alcuni casi il ripristino comporterà la rimozione delle opere realizzate con la reintroduzione dello stato ante-operam, in altri casi il ripristino prevederà il ricoprimento delle parti delle piazzole provvisorie non più necessarie con relativo rinverdimento. Anche per la realizzazione delle parti in rilevato delle piazzole provvisorie si privilegerà l'impiego di terreni provenienti dagli scavi stabilizzata con la calce e sostenuta con la per la realizzazione di terre armate. La pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà realizzata con le stesse modalità previste per le strade costituenti la viabilità.
- piazzole definitive: saranno ricavate dalle piazzole provvisorie ripristinandone la parte non più necessaria in fase di esercizio; anche la pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà costituita da uno strato di misto stabilizzato dello spessore minimo di 40 cm.
- opere di sostegno: la particolare morfologia del terreno, i vincoli imposti alla geometria stradale della viabilità di collegamento, l'opportunità di ridurre le dimensioni del sedime di occupazione delle opere di progetto rendono necessaria la realizzazione di significative opere d'arte, per lo più costituite da terre armate che assolveranno sia alla funzione di sostegno del rilevato stradale e dei rilevati costituenti le piazzole sia a quelle di stabilizzazione del fronte scavo nei tratti di strada in trincea e nelle parti di piazzola ricavate in scavo. Date le caratteristiche del terreno movimentato, che interesserà principalmente la coltre superficiale di natura argilloso-limosa, il materiale necessario per la realizzazione delle terre armate sarà prelevato direttamente in sito. Ove le condizioni lo rendono necessario, per adeguare le strade comunali esistenti, verranno realizzati dei By-Pass e allargamenti a monte e a valle della sede viaria, intervenendo anche con soluzioni con paratie in micropali tirantate.
- opere di attraversamento e deviazione dei corsi d'acqua minori: la realizzazione della viabilità interna e delle piazzole presenterà alcune interferenze con la rete idrografica di 2° ordine (rii) e in casi più frequenti con quelle di 3° ordine (impluvi) della zona di intervento. Si prevede pertanto di realizzare un sistema di fossi di guardia e di tombini in modo da garantire una corretta regimazione delle acque intercettate dalle nuove opere ed il loro corretto convogliamento nella rete idrografica esistente. Nei punti di intersezione delle nuove opere, i corsi d'acqua intercettati risultano caratterizzati da bacini di estensione limitata, in quanto l'area d'intervento risulta situata in prossimità di una zona di crinale.
- opere di regimazione idraulica in adiacenza alle frane attive: trattasi di interventi di regimazione delle acque superficiali da attuarsi in prossimità dei principali corpi instabili, ubicati in adiacenza alla futura



stazione elettrica Terna e all'area di cantiere. Saranno costituiti da fossi di guardia e tubi, per il convogliamento delle acque ai rii prossimi ai dissesti; tali interventi non interferiranno con i corpi di frana che non saranno interessati da interventi diretti ed avranno la funzione di impedire il ruscellamento e infiltrazione delle acque superficiali all'interno dei corpi di frana stessi.

- fondazioni degli aerogeneratori: le torri degli aerogeneratori saranno fissate ad un elemento circolare di base in acciaio, a sua volta annegato all'interno di una fondazione tronco-piramidale in conglomerato cementizio armato, progettata per resistere al peso proprio della struttura e alle sollecitazioni cinematiche provocate dai sismi e dal vento. Date le caratteristiche del terreno risultanti dalle indagini geologiche e geotecniche condotte sulle singole postazioni degli aerogeneratori, la fondazione sarà del tipo su pali di grande diametro in calcestruzzo armato. La dimensione del plinto sarà circolare con diametro di 24 m con n. 16 pali trivellati da 100 cm e lunghezza variabile da 15 a 27 m. L'altezza del plinto sarà variabile da 1,50 m a 4,35 m.
- elettrodotti interrati: al di sotto della viabilità interna al parco correranno i cavi di media tensione che trasmetteranno l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori alla sottostazione MT/AT e quindi alla rete elettrica nazionale. Lo scavo per l'alloggiamento del cavidotto, della profondità non inferiore a 1,30 m, sarà di larghezza variabile a seconda del numero di terne contenute; queste verranno collocate su uno strato di sabbia dello spessore di 10 cm, ricoperte con un ulteriore strato di sabbia di 30 cm, all'interno del quale troveranno posto anche il cavo in rame per la messa a terra, il cavo di comunicazione in fibra ottica per il sistema di controllo del parco (all'interno di un tubo in PVC del diametro di 50 mm) e uno o più elementi di resina a protezione dei cavi. La restante porzione dello scavo sarà riempita con materiale arido, all'interno del quale sarà collocato il nastro segnalatore. Il percorso del cavidotto verso la sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT seguirà, nel tratto che scende verso l'abitato di Borgo Val di Taro, il tracciato di vecchie strade interpoderali e comunali con un minimo impatto sulla viabilità ordinaria e senza interferenze con le zone boschive.
- sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT 30/132 kV: il collegamento alla RTN verrà realizzato mediante punto di raccolta ed elevazione 30/132 kV collegato in antenna a 132 kV alla futura stazione di smistamento a 132 kV della RTN nel Comune di Borgo Val di Taro (PR) da inserire in entra-esce sulle linee a 132 kV “Pontremoli RT – Borgotaro RT” e “Borgotaro RT – Berceto”. Progettualmente è previsto anche un collegamento provvisorio alla RTN: dal punto di vista elettrico la connessione avverrà tramite un cavo interrato a 132 kV in partenza dalla futura sottostazione MT/AT che, arrivato “al punto di consegna”, salirà in aereo tramite porta terminale aereo – cavo. Da qui la connessione, passando per il sezionatore, salirà con una calata dei conduttori aerei della linea a 132 kV “Pontremoli RT – Borgotaro RT” che in quel tratto ha le terne in parallelo. Tale sistema di inserimento su una linea esistente viene definito “T rigido”. La nuova sottostazione elettrica di trasformazione verrà realizzata in un'area attualmente agricola posta all'esterno dell'abitato di Borgo Val di Taro e lungo il tratto della strada comunale ex S.S. 523; il profilo altimetrico del terreno porta a realizzare la superficie della nuova sottostazione elettrica di trasformazione con paratie di contenimento in pali di grande diametro e tiranti sub orizzontali. La disposizione sarà comunque in andamento con la superficie esistente e mitigata con l'inserimento di essenze arboree e sistemazioni a verde. L'accesso alla futura sottostazione elettrica di trasformazione, condiviso con quella della futura stazione elettrica di smistamento RTN, avverrà direttamente dalla strada comunale utilizzando un percorso interno esistente che sarà opportunamente adeguato. Il layout elettromeccanico della sottostazione utente è predisposto al fine di prevedere la possibilità di realizzare in futuro un condominio in conformità a quanto richiesto da Terna Spa in STMG.
- futura stazione di smistamento RTN a 132 kV: è prevista nel Comune di Borgo Val di Taro (PR) da inserire in entra-esce sulle linee a 132 kV “Pontremoli RT – Borgotaro RT” e “Borgotaro RT – Berceto”; questa futura stazione di smistamento provvederà così ad alimentare l'esistente cabina RFI di Borgotaro. La



futura stazione Terna verrà realizzata nella stessa zona della sottostazione elettrica di trasformazione e ad essa adiacente, ma con dimensioni maggiori connesse con il posizionamento delle apparecchiature elettromeccaniche e il collegamento alla rete elettrica esistente. A monte verrà realizzata una paratia in pali e tiranti, in analogia a quelli previsti per la sottostazione elettrica di trasformazione, e a valle il terreno verrà raccordato con terre armate e scarpate stabili in modo da adeguarsi alla morfologia esistente. Verranno previste anche in questo caso mitigazioni ambientali con l'inserimento di essenze arboree e sistemazioni a verde.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali del progetto definitivo.



4. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

Dal punto di vista geotecnico l'area in esame presenta le medesime problematiche che caratterizzano l'area appenninica della Provincia di Parma anche se, rispetto a numerose altre, non sussistono condizioni di particolare gravità.

Infatti, dal punto di vista del dissesto idrogeologico e della situazione litostratigrafica, non si segnalano condizioni penalizzanti: tutta l'area di intervento prossima al crinale è contraddistinta dalla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Gottero, che risulta sub-affiorante, ricoperta generalmente da coltri di terreno di spessore estremamente ridotto (1-2 m), ad eccezione delle aree ricoperte da detrito di versante che presentano spessori leggermente più elevati.

La presenza superficiale del substrato roccioso conferisce al versante in oggetto buone condizioni di stabilità e non si segnalano zone di frane attive se non piccoli dissesti di estensione limitata; sono presenti anche ampi settori di versante caratterizzati in epoche passate di fenomeni gravitativi profondi di versante, legati a fenomeni di tettonismo che hanno interessato la vallata del fiume Taro, ma che ancora oggi risultano indisturbati dal punto di vista dell'assetto litostratigrafico e vincolati solo parzialmente dal punto di vista normativo.

Anche dal punto di vista della regimazione delle acque superficiali non si segnalano situazioni di criticità che possano potenzialmente costituire pericolo per le opere in corso di progettazione.

Alla luce di queste condizioni si è proceduto alla verifica della stabilità globale di tutti i siti degli aerogeneratori e della sottostazione utente, mentre per quanto concerne le opere fondali, si è optato una tipologia a platea su pali approfonditi fino ad un congruo immersionamento nel substrato roccioso.



5. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E VOLUME SIGNIFICATIVO

Con la finalità di definire la sequenza lito-stratigrafica del sottosuolo e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (G-R.1-Tav.3a – Planimetria indagini geognostiche):

- n 4 prove penetrometriche dinamiche tipo D.P.S.H. (dynamic penetrometer super heavy,) approfondite fino a rifiuto;
- n 7 rilievi sismici tomografici a rifrazione con stendimenti sismici di lunghezza 120 m, in corrispondenza di tutti e / i siti degli aerogeneratori.

In questa fase progettuale (progetto definitivo) la programmazione delle indagini geognostiche è stata finalizzata alla caratterizzazione delle situazioni di maggior importanza, sia in relazione alle caratteristiche geologiche dei siti sia in relazione ai vincoli dettati dalla pianificazione provinciale e comunale.

Premesso che nella successiva fase di progettazione esecutiva saranno eseguiti sondaggi meccanici a rotazione spinti alla profondità minima necessaria per il raggiungimento e la perforazione del bedrock in ciascun sito degli aerogeneratori e prove sismiche di tipo down-hole in foro per la determinazione della V_{seq} , attualmente si è deciso di intervenire puntualmente sulle situazioni ritenute maggiormente doverose di approfondimento, utilizzando questi criteri:

- le indagini penetrometriche sono state eseguite in corrispondenza di tutti i siti degli aerogeneratori raggiungibili dalla viabilità esistente senza dover eseguire opere provvisorie per il transito dei mezzi; secondo tale criterio, in questa fase sono rimasti esclusi i siti BT04, BT06 e BT07 in quanto ubicati in zone più difficoltose per il loro raggiungimento;
- gli stendimenti sismici con la tecnica a rifrazione sono stati eseguiti in tutti i siti, al fine di fornire sezioni sismostratigrafiche ad integrazione delle informazioni bibliografiche esistenti sulla formazione geologica ivi presente.

Nella *Figura 5.1* si riporta la planimetria con l'ubicazione delle indagini che viene di seguito illustrata:

- BT01: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di detrito di versante, che ricopre la formazione delle “Arenarie di Monte Gottero” – eseguita prova penetrometrica DPSH04 spinta fino alla profondità di 3,60 m dal p.c. e stendimento sismico a rifrazione Tomografia L1;
- BT02: sito ubicato sul Monte Croce di Ferro in corrispondenza di affioramento di “Arenarie di Monte Gottero” – eseguita prova penetrometrica DPSH02 spinta fino alla profondità di 1,20 m dal p.c. e stendimento sismico a rifrazione Tomografia L2;
- BT03: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di “Arenarie di Monte Gottero” – eseguita prova penetrometrica DPSH03 spinta fino alla profondità di 1,60 m dal p.c. e stendimento sismico a rifrazione Tomografia L3;
- BT04: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di “Arenarie di Monte Gottero” – eseguito stendimento sismico a rifrazione Tomografia L4;
- BT05: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di “Arenarie di Monte Gottero” – eseguita prova penetrometrica DPSH01 spinta fino alla profondità di 1,60 m dal p.c. e stendimento sismico a rifrazione Tomografia L5;
- BT06: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di “a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV” – eseguito stendimento sismico a rifrazione Tomografia L6;
- BT07: sito ubicato in corrispondenza di affioramento di “Arenarie di Monte Gottero” – eseguito stendimento sismico a rifrazione Tomografia L7.



Figura 5.1 – planimetria delle indagini geognostiche

5.1 Prove penetrometriche dinamiche tipo D.P.S.H.

Per la realizzazione delle prove DPSH è stata utilizzata la Sonda: DPSH - TG 63-100 PAGANI (Figura 5.2) avente le seguenti Caratteristiche Tecniche:

- *Peso massa battente: 63.5 Kg*
- *Altezza di caduta libera: 0.75 m*
- *Peso sistema di battuta: 8 Kg*
- *Diametro punta conica: 50.46 mm*
- *Area di base della punta: 20 cm²*
- *Lunghezza delle aste: 1 m*
- *Peso aste al metro: 6.3 Kg/m*
- *Profondità di giunzione prima asta: 0.80 m*
- *Avanzamento punta: 0.20 cm*
- *Numero di colpi per punta: N (20)*
- *Angolo di apertura punta: 90*
- *Coefficiente di correlazione: 1.504*
- *Rivestimento/fanghi: No*

Le DPSH sono prove penetrometriche che permettono di fornire i numeri di colpi necessari ad infiggere, per una data profondità, una punta conica di dimensioni e forma standardizzate consentendo di restituire un maggior dettaglio per quanto riguarda le variazioni di resistenza alla penetrazione lungo la verticale.



Figura 5.2 – sonda Pagani utilizzata per le prove DPSH

Procedura di indagine

Le prove dinamiche vengono eseguite a partire da piano campagna attuale stando attenti alla verticalità delle aste: se la prova dovesse deviare per più di 2° allora deve essere terminata poiché l'indagine in profondità sarebbe troppo lontana dalla verticale del punto di indagine.

L'infissione si realizza mantenendo tra i 15 ed i 30 colpi al minuto in modo continuo e se dovessero essere eseguite interruzioni superiori ai 5 minuti devono essere segnate. Il report derivante dall'indagine in sito mostrerà il numero di colpi per ogni 20 cm di affondamento, la prova si riterrà conclusa al raggiungimento della profondità di indagine oppure quando lo strumento raggiungerà valori di rifiuto.

Per l'area oggetto di indagine sono state eseguite n 4 prove DPSH denominate DPSH1, DPSH2, DPSH 3 e DPSH4 rispettivamente portate alla profondità di: 1.60 m da p.c.; 1.20 m da p.c.; 1.60 m da p.c. e 3.60 m da p.c..

5.2 Indagini sismiche a rifrazione

Le indagini sono state effettuate con SISMOGRAFO AMBROGEO mod. ECHO24/2010 (www.ambrogeo.eu). In *Figura 5.3* è mostrata la scheda tecnica del sismografo utilizzato per questa indagine.



AMBRGEO Strumenti per Geofisica

Seismograph ECHO 24 Seismic Unit



- Monitor: Touchscreen/External laptop
- Number of channels: 12-24+1
- A/D Conversion: 24 bits
- Dynamic range: 130dB @1ms PG=0dB
- Cross talk: 120dB @1ms PG=18dB
- Pre-amplify gain: >90dB
- Frequency response: 0db, 6db, 12db, 24db, 30 db, 36 db
- Acquisition and display filter: 0 to 6KHz (30KSPS)
- Sampling interval: 0 to 4.8KHz (15KSPS)
- Record length: 0 to 3KHz (7.5KSPS)
- Stacking trigger accuracy: 0 to 1.5KHz (3.5KSPS)
- Distortion (THD): 0 to 800Hz (2KSPS)
- Max input signal: 0 to 400Hz (1KSPS)
- CMR: Low Cut Out
- Noise: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 200, 280, 400 Hz
- Pre-trigger data: 30us, 54us, 128us, 256us, 480us, 960us
- Delay: 1/32 of samples interval
- Temperature range: 0.0004 %
- Power: 2Vpp, 0dB
- Continuous recording: 110dB (CM = 60Hz, fDATA = 30KSPS)
- Output format: 0.25uV/2ms, 360dB
- Connector: 524ms @ 32us sample interval
- SEG-Y/S2 / SAF (SESAME ASCII FORMAT)
- 61 pin Bendix connector - NK27 pin Cannon connector

AMBRGEO INSTRUMENTS
Via Rovaleto Lenti 3 - 29029 Rivergaro - Piacenza - ITALY
Tel.+39 0523 956119 - Fax.+39 0523 956225 - www.ambrgeo.eu - e-mail: info@ambrgeo.com

Figura 5.3 – sismografo utilizzato per le tomografie

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P e/o S) generate in superficie da una sorgente sismica e rilevate da ricevitori (geofoni), anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente.

L'analisi della velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, longitudinali (Vp) e/o trasversali (Vs), ottenuta conoscendo la distanza sorgente-ricevitore ed il relativo tempo di arrivo dell'impulso sismico (velocità=spazio/tempo), consente di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, poiché i valori di Vp e/o Vs sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi (Figura 5.4).

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
TERRENI E ACQUA		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
ROCCE SEDIMENTARIE		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	2000 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcareenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcareenite fratturata	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 2000	300 - 500
ROCCE IGNEE		
Basalto	1800 - 5000	1000 - 3000
Basalto fratturato	950 - 1350	480 - 700
Granitoidi	1600 - 5000	900 - 3000
Granitoidi fratturati	1000 - 1750	500 - 900
Piroclastite coerente	750 - 2500	350 - 1100
Piroclastite incoerente	350 - 1000	160 - 450

Figura 5.4 – Valori di velocità delle onde P ed S dei principali litotipi. Fonti: Hearey e Brooks 1991, R. E. Sheriff and L. P. Geldart 1995, Bala et al 2005, Corrao e Coco 2006

Si fa presente che le velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi ($S_r = 100\%$) dipendono talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Invece, le velocità delle onde S sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e, perciò, rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio (S).

Procedura di indagine

Per l'individuazione delle caratteristiche sismiche che costituiscono il settore oggetto di interesse sono stati realizzati stendimenti sismici a rifrazione, elaborati con metodologia tomografica 2D tramite il programma RAYFRACT, generando onde sismiche di compressione (onde P) e di taglio (onde S), utilizzando, rispettivamente, sensori verticali e orizzontali per la determinazione dei tempi di arrivo.

Gli stendimenti sismici a rifrazione sono stati effettuati utilizzando un sismografo ECHO 24/2010 Seismic Unit, attrezzato con 24 geofoni verticali e orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz (Figura 3), disposti ad interassi di 5 m per una lunghezza totale di ogni stesa di 115 m (Figura 5.5).

L'energizzazione sul terreno delle onde di compressione e di taglio è stata effettuata con mazza da 8 kg battente su piastra in polizene. Date le particolari condizioni di lavoro dovute all'elevato rumore ambientale generato dal forte vento, per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (stacking) sia per la registrazione delle onde P che S.

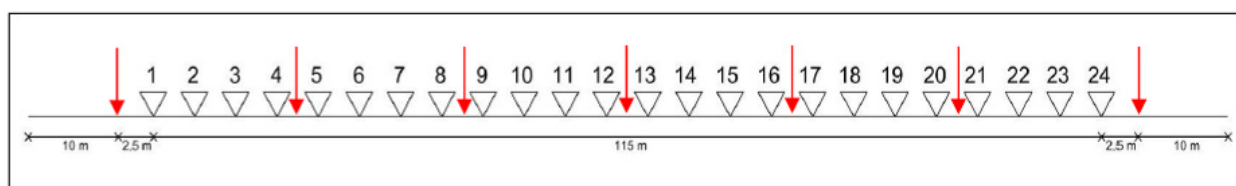


Figura 5.5 – Schema geometrico delle acquisizioni a sismica a rifrazione, i triangoli indicano la posizione dei geofoni, mentre le frecce rosse indicano i punti di energizzazione

In seguito alla fase di acquisizione del dato è stata eseguita l'elaborazione tomografica. Partendo dai dati del picking è stata effettuata l'elaborazione con il software RAYFRACT che parte da un modello iniziale generato con la tecnica Deltat-V. Successivamente viene effettuata l'inversione iterativa del modello con la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography) che analizza la propagazione dei vari fronti d'onda generati nei punti di energizzazione fino ad ogni geofono. Il modello stratigrafico ottenuto come insieme di elementi caratterizzati da una specifica velocità viene quindi rappresentato mediante il contour a linee di isovelocità. La colorazione dei vari elementi segue una scala cromatica riferita ad una predefinita sequenza di velocità che facilita l'immediata visione dei risultati.

5.3 Dati geognostici bibliografici

In aggiunta alle indagini sopracitate sono state reperite ulteriori indagini (sondaggi e prove di laboratorio) relative alla formazione delle “Arenarie di Monte Gottero”, localmente molto estesa e rappresentata e costituente il substrato su cui poggeranno le fondazioni degli aerogeneratori in progetto:

- Prove di compressione monoassiale su campioni cubici (da Oppimitti 2002);
- Prove di laboratorio su campioni estratti dai sondaggi c/o il Passo del Bratello (SNAM metanodotto Pontremoli – Cortemaggiore, 2008)



5.4 Indagini geognostiche sottostazione utente

Per quanto riguarda la caratterizzazione della sequenza lito-stratigrafica del sottosuolo e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dalle opere della sottostazione utente si rimanda alla consultazione degli elaborati SIA.POR.R.8 (Relazione geotecnica) e SIA.POR.R.6 – Tav.2 (Planimetria delle indagini).



6. ANALISI DEI DATI E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA

L'osservazione diretta delle aree interessate dalle opere in progetto durante i sopralluoghi, le informazioni geologiche reperite dalla bibliografia e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dalle indagini hanno consentito di definire in modo sufficientemente dettagliato (in rapporto all'attuale livello di progettazione il quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo locale.

Le informazioni raccolte mediante l'esecuzione delle **prove penetrometriche dinamiche DPSH** hanno consentito, oltre alla caratterizzazione dei terreni presenti superficialmente (coperture detritiche), di determinare puntualmente l'approfondimento del substrato roccioso delle “Arenarie di Monte Gottero”.

Le **tomografie sismiche**, eseguite lungo le linee di massima pendenza del versante in asse di ciascun aerogeneratore, con elaborazione sia per le onde longitudinali (V_p) sia per quelle di taglio (V_s), hanno consentito di estendere al settore di versante e alle piazzole le informazioni puntuali delle penetrometrie, permettendo di eseguire una stima “mirata” degli spessori dei corpi detritici di copertura.

6.1 Elaborazione ed interpretazione prove DPSH

L'analisi è stata condotta seguendo una scansione corrispondente alla stratimetria, con lo scopo di ottenere, per ciascun parametro geotecnico, il valore medio (V_m) per ciascun orizzonte litologico individuato, prendendo in considerazione tutti i dati ad esso relativi.

Si riporta, a titolo esemplificativo, tabella di correlazione fra il numero di colpi e i principali parametri geotecnici relativi sia a terreni prevalentemente granulari, sia a terreni prettamente coesivi:

SPT N_{30}	< 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	> 50
Stato di addensamento (Raccomandazioni AGI,	<i>molto sciolto</i>	<i>sciolto</i>	<i>moderatame nte</i>	<i>addensat o</i>	<i>molto addensato</i>
Angolo d'attrito φ (°) (Peck, et al., 1953/1974)	< 27°	27° - 30°	30° - 36°	36° - 42°	> 42°
peso di volume secco γ_d (t/m ³) (Terzaghi e Peck, 1948/1967)	< 1.4	1.4 - 1.5	1.5 - 1.7	1.7 - 2.2	> 2.2
peso di volume saturo γ_{sat} (t/m ³) (Terzaghi e Peck, 1948/1967)	< 1.8	1.8 - 1.9	1.9 - 2.0	2.0 - 2.2	> 2.2

SPT N_{30}	< 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30
Consistenza terreni (Raccomandazioni AGI, 1977)	<i>privo di consisten za</i>	<i>poco consistent e</i>	<i>moderat. consistent e</i>	<i>consisten te</i>	<i>molto consistent e</i>	<i>duro</i>
coesione non drenata C_u in kg/cm ² (Terzaghi e Peck, 1948/1967)	< 0.1	0.1 - 0.25	0.25 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2
peso di volume saturo γ_{sat} (t/m ³) (Terzaghi e Peck, 1948/1967)	< 1.7	1.7 - 1.8	1.8 - 1.9	1.9 - 2.0	2.0 - 2.2	> 2.2

Figura 6.1 – tabelle di correlazione

Nel seguito, per ciascun sito indagato, si riporta la foto del piazzamento, la tabella dei dati elaborati e lo schema grafico della prova.



AEROGENERATORE BT01 – prova DPSH04



PROVA Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
Prova eseguita in data 27/09/2021
Profondità prova 3,60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	9	0,851	74,41	87,46	3,72	4,37
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	5	0,836	37,59	44,95	1,88	2,25
1,40	12	0,833	89,85	107,88	4,49	5,39
1,60	11	0,830	82,03	98,89	4,10	4,94
1,80	11	0,826	81,71	98,89	4,09	4,94
2,00	8	0,823	55,08	66,91	2,75	3,35
2,20	10	0,820	68,59	83,63	3,43	4,18
2,40	12	0,817	82,01	100,36	4,10	5,02
2,60	11	0,814	74,91	92,00	3,75	4,60
2,80	10	0,811	67,86	83,63	3,39	4,18
3,00	9	0,809	56,90	70,37	2,85	3,52
3,20	15	0,756	88,66	117,28	4,43	5,86
3,40	24	0,703	131,99	187,64	6,60	9,38
3,60	50	0,601	234,90	390,92	11,74	19,55

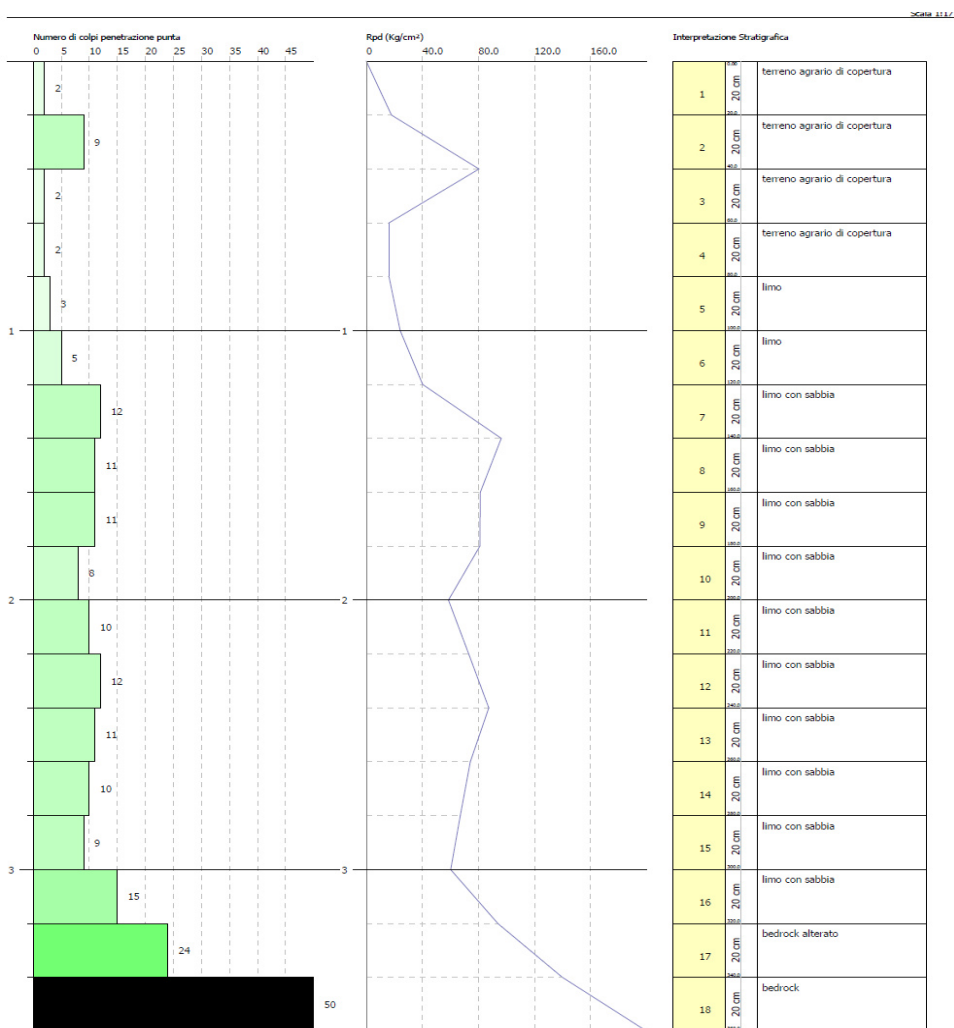


Figura 6.2 – foto del piazzamento prova DPSH04, dati acquisiti ed elaborati e schema grafico

AEROGENERATORE BT02 – prova DPSH02

PROVA Nr.2



Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
Prova eseguita in data 27/09/2021
Profondità prova 1,20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	13	0,793	100,22	126,33	5,01	6,32
1,00	39	0,640	224,30	350,60	11,22	17,53
1,20	50	0,636	286,00	449,49	14,30	22,47

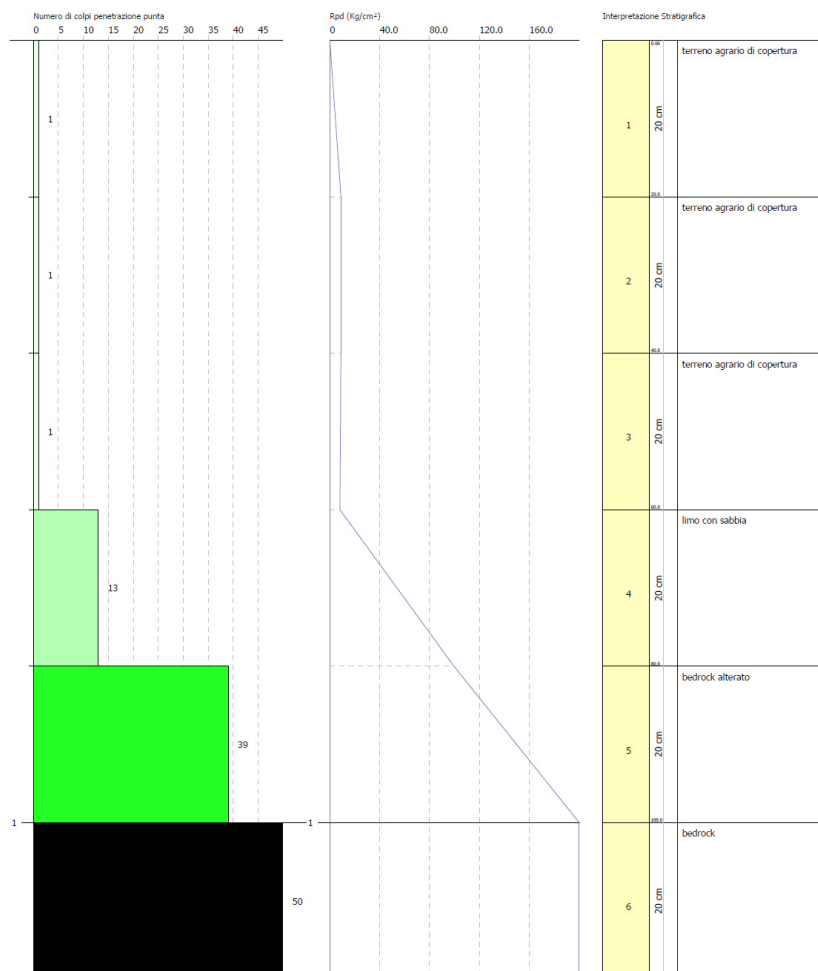
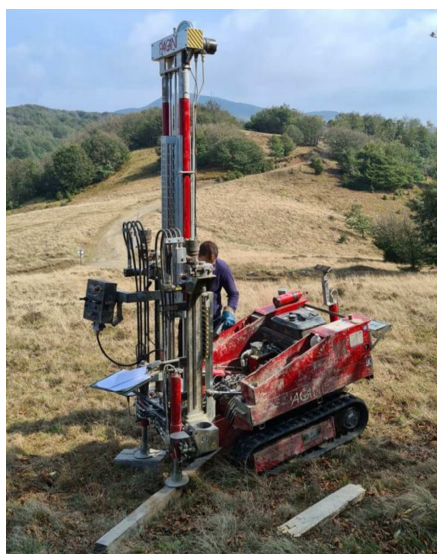


Figura 6.3 – foto del piazzamento prova DPSH02, dati acquisiti ed elaborati e schema grafico

AEROGENERATORE BT03 – prova DPSH03

PROVA Nr.3



Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
Prova eseguita in data 27/09/2021
Profondità prova 1,60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	7	0,836	52,63	62,93	2,63	3,15
1,40	15	0,783	105,57	134,85	5,28	6,74
1,60	50	0,630	282,98	449,49	14,15	22,47

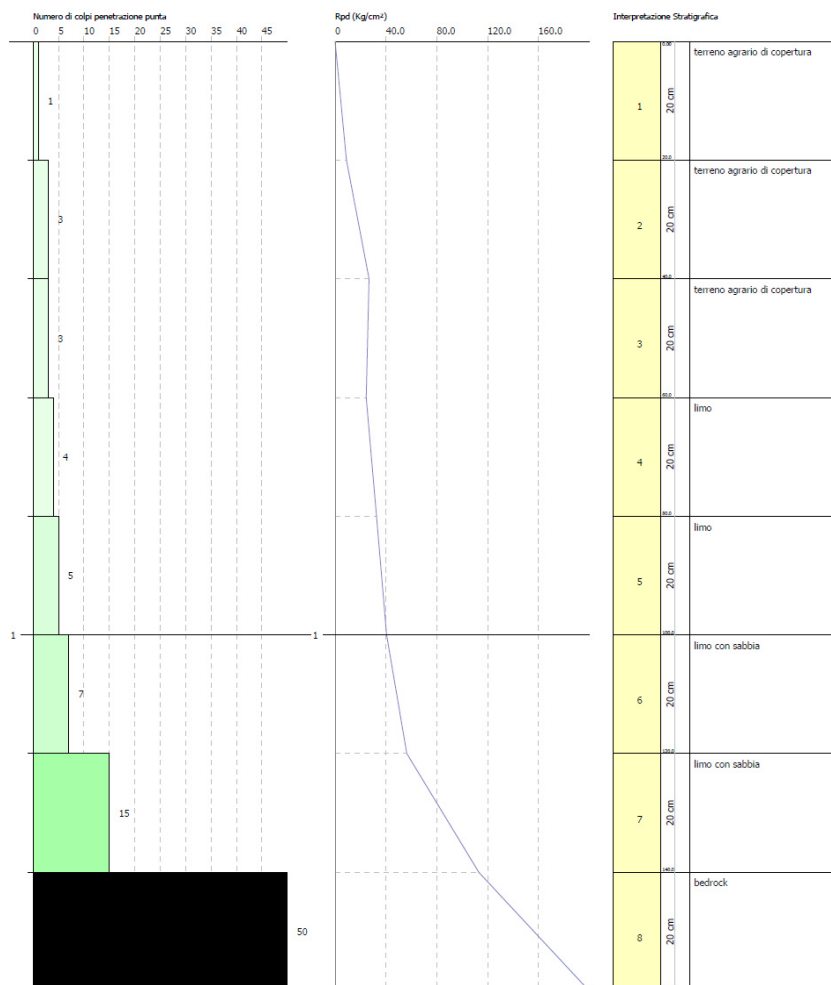


Figura 6.4 – foto del piazzamento prova DPSH03, dati acquisiti ed elaborati e schema grafico

AEROGENERATORE BT05 – prova DPSH01



PROVA Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
Prova eseguita in data 27/09/2021
Profondità prova 1,60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	11	0,843	90,15	106,90	4,51	5,34
1,00	29	0,740	192,86	260,71	9,64	13,04
1,20	30	0,736	198,57	269,70	9,93	13,48
1,40	27	0,733	177,89	242,73	8,89	12,14
1,60	50	0,630	282,98	449,49	14,15	22,47

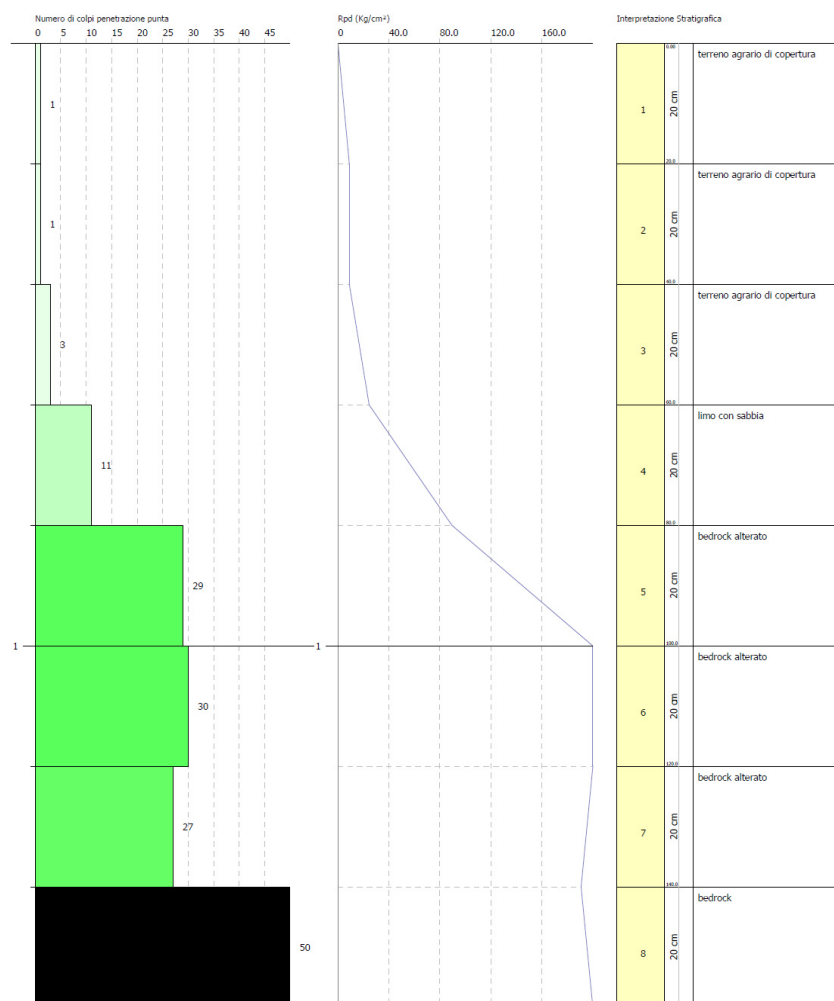


Figura 6.5 – foto del piazzamento prova DPSH01, dati acquisiti ed elaborati e schema grafico

Ad eccezione della prova DPSH04 (aerogeneratore BT01), che è ubicata nel detrito di versante, le ulteriori prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza di una copertura con spessori insignificanti ai fini geotecnici e trascurabili dal punto di vista progettuale (1,0-1,6 m).

Si riporta nel seguito la sola caratterizzazione geotecnica della prova DPSH04 relativa ai materiali del Detrito di Versante.

Detrito di versante DPSH04 - AEROGENERATORE BT01									
	γ		γ_{sat}		D_r (Meyerhof 1957)	φ' (Meyerhof 1956)	E_d (Buisman Sanglerat)		E (Bowles, 1982)
	t/m^3	kN/m^3	t/m^3	kN/m^3	%	°	kg/cm^2	kPa	kg/cm^2
									kPa
	1.95	19.12	1.97	19.32	94.59	25.11	107.22	10514.70	164.35
	1.91	18.73	1.96	19.22	88.91	24.68	98.28	9637.98	156.9
	1.91	18.73	1.96	19.22	87.03	24.68	98.28	9637.98	156.9
	1.79	17.55	1.93	18.93	72.64	23.4	71.46	7007.84	134.55
	1.88	18.44	1.95	19.12	79.51	24.25	89.34	8761.27	149.45
	1.95	19.12	1.97	19.32	85.34	25.11	107.22	10514.70	164.35
	1.91	18.73	1.96	19.22	80.16	24.68	98.28	9637.98	156.9
	1.88	18.44	1.95	19.12	74.97	24.25	89.34	8761.27	149.45
	1.84	18.04	1.94	19.02	69.77	23.83	80.4	7884.55	142
	2.04	20.01	1.99	19.52	88.49	26.38	133.98	13138.96	186.65
VALORI MEDI	1.91	18.69	1.96	19.20	82.14	24.64	97.38	9549.72	156.15
VALORI MIN.	1.81	17.77	1.93	18.97	71.06	23.59	75.48	7402.36	137.90

6.2 Elaborazione ed interpretazione prospezioni tomografiche con tecnica a rifrazione

I dati ottenuti in fase di acquisizione hanno consentito la costruzione di una matrice di valori di velocità che, mediante software RAYFRAC, ha restituito un modello stratigrafico di velocità mediante visualizzazione grafica in 2D.

Le sezioni tomografiche sono di seguito descritte.

AEROGENERATORE BT01 – tomografia sismica L1

Nel sito dell'aerogeneratore BT01 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L1”, in direzione circa NW-SE, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (*Figura 6.6*).

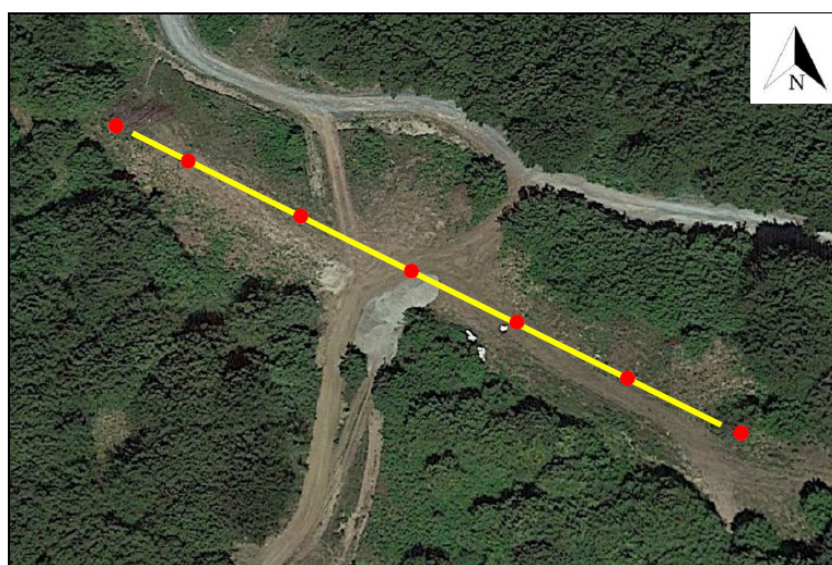


Figura 6.6 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L1”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione

tomografia onde P

L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 3500 m/sec per una profondità massima di 45 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse (*Figura 6.7*).

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 400 e 1100 m/sec, con andamento leggermente ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato.

Le isovelocità mostrano un andamento molto ondulato, in particolare si osserva una zona, tra i geofoni 9-20, dove si raggiungono alte velocità più velocemente rispetto all'inizio e alla fine della sezione analizzata. Questa zona si osserva a partire da circa -10.00 m da p.c. dove sono state osservate velocità intorno ai 1300 m/sec. All'aumentare della profondità questa zona tende a chiudersi a triangolo fino alla quota di circa -37.00-38.00 m da p.c. dove l'isovelocità di 3300 m/sec risulta piuttosto lineare e immergente in direzione del pendio.

Come accennato, all'inizio e alla fine della stesa le velocità tendono ad aumentare più lentamente, a circa -10.00 m da p.c. si osservano velocità di propagazione intorno ai 1300 m/sec, al di sotto le velocità tendono ad aumentare di 500 m/sec ogni 8-9 metri circa.

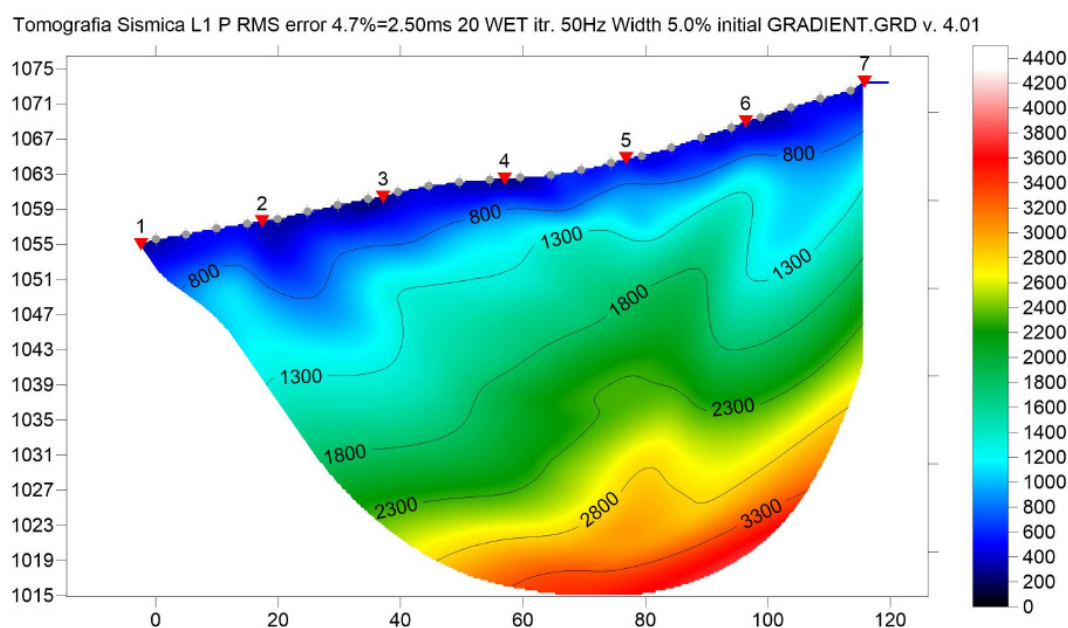


Figura 6.7 – stendimento L1 - tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 250 e 1200 m/sec per una profondità massima di indagine di 26-27 metri da p.c., la geometria delle linee di isovelocità risultano molto ondulate (*Figura 6.8*).

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 250 e 350 m/sec, con andamento ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato.

A profondità maggiori le isovelocità si presentano estremamente ondulate soprattutto a partire da circa -10.00 m da p.c. (<600m/sec) dove le geometrie delle linee di isovelocità risultano avere andamento simile a quello descritto per le onde P. Si fa presente anche l'accentuata ondulazione dell'isovelocità 600 m/sec che genera una stretta piega tra i geofoni 18-21 ad una profondità compresa tra -7.00 m e -12.00 m da p.c..

Al di sotto di tale isovelocità si registra un aumento della velocità stessa di 500 m/sec ogni 6-7 metri circa.

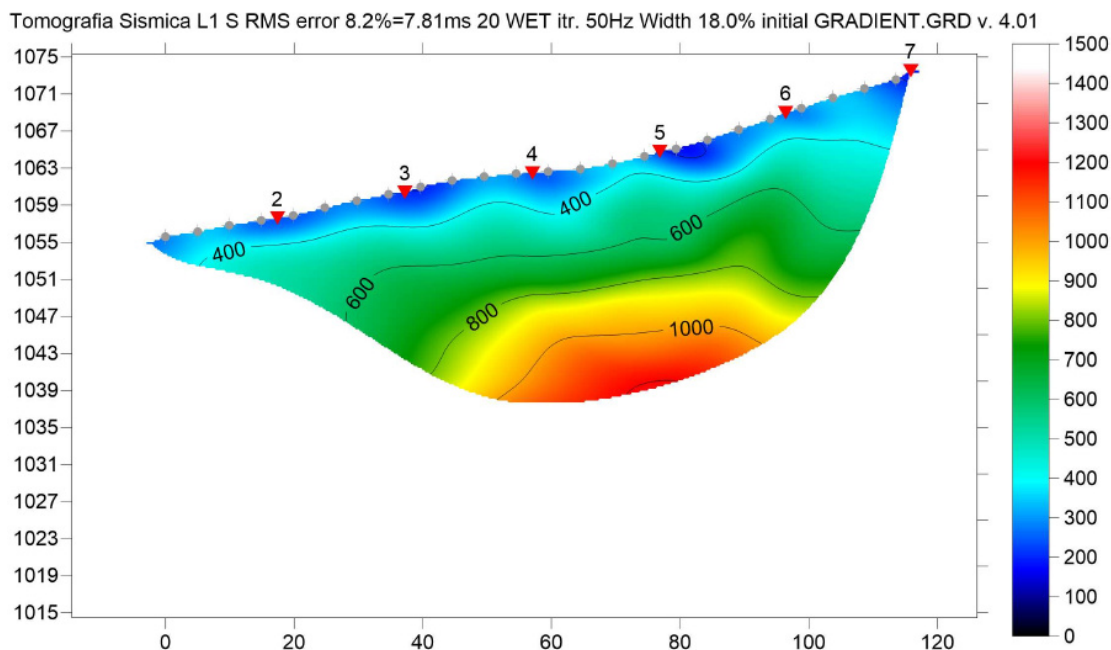


Figura 6.8 – stendimento L1 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT02 – tomografia sismica L2

Nel sito dell'aerogeneratore BT02 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L2”, in direzione circa E-W, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.9).

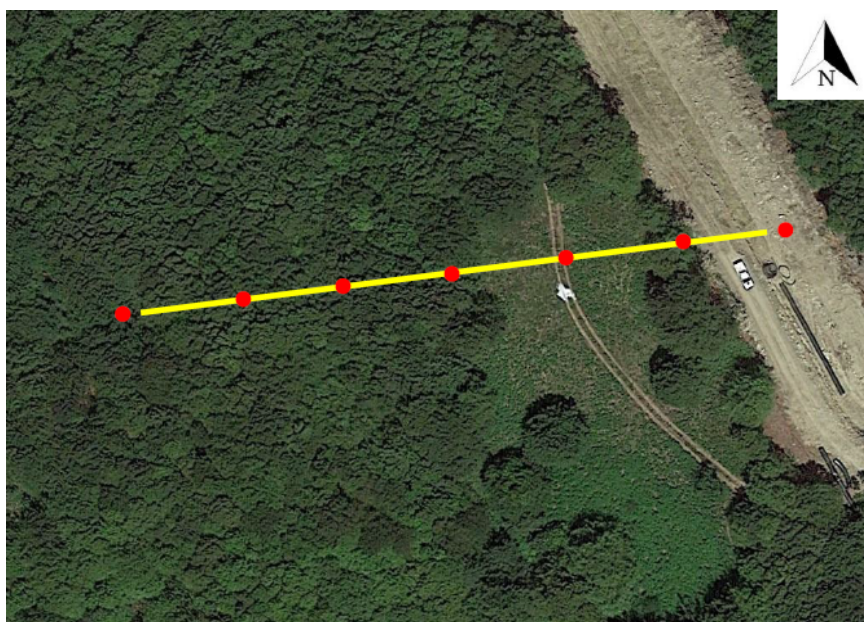


Figura 6.9 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L2”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione

tomografia onde P



L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 400 e 3600 m/sec per una profondità massima di indagine di 37-38 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 400 e 1100 m/sec, con andamento leggermente ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato. Successivamente sino a circa 11-12 m i valori di velocità aumentano gradualmente con la profondità mantenendo un andamento leggermente ondulato fino a velocità di circa 1900 m/sec.

Oltre dette profondità i valori incrementano più lentamente sino a circa 2300 m/sec ad una profondità massima di circa 28-30 m, tali valori di velocità raggiungono la massima profondità tra i geofoni 11-18, mentre tendono ad essere più superficiali verso l'inizio, circa 20 m di profondità, e la fine della stesa dove gradualmente passano da 28-30 m fino a circa 10 m da p.c. al di sotto del 24esimo geofono. Inoltre, tra i geofoni 9-18 tra le profondità di 15 m e circa 22-23 m si osserva una zona a velocità superiori rispetto al contorno che si attestano tra 2300 e 2700 m/sec.

Alla profondità di circa 28-30 m si è identificato il tetto di un sismostrato che presenta un rapido aumento delle velocità fino ad un massimo di circa 3600 m/sec a circa 40 m di profondità.

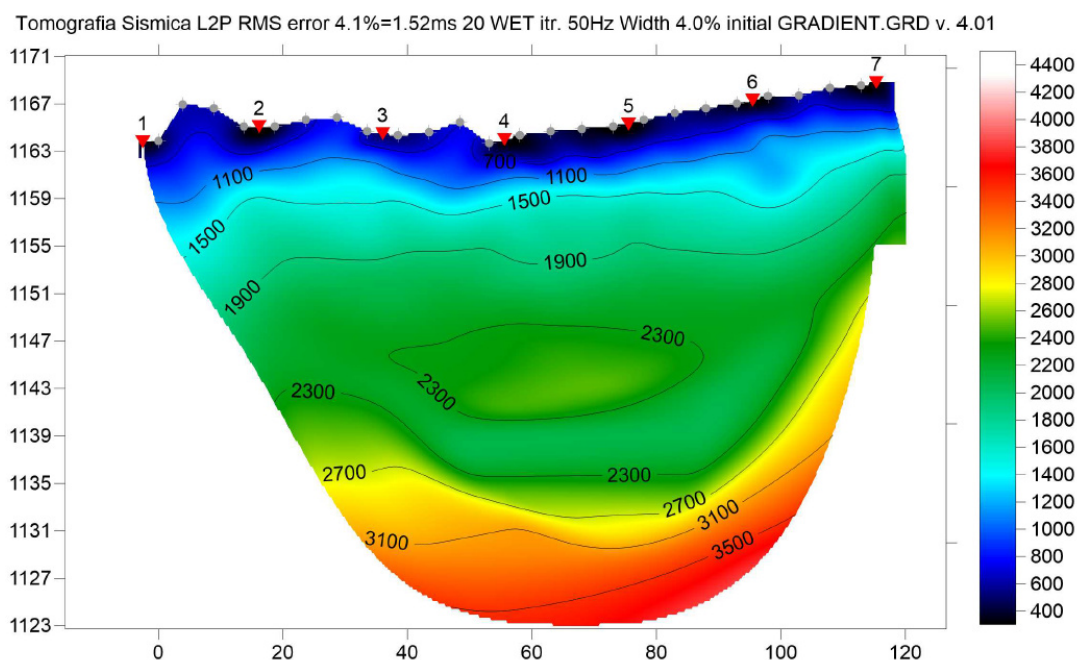


Figura 6.10 – stendimento L2 - tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 1800 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 35-36 metri da p.c.; la geometria delle linee di isovelocità risulta ondulata ma tendenzialmente orizzontale lungo tutta la sezione osservata.

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 300 e 500 m/sec, con andamento leggermente ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato.

A profondità maggiori si assiste ad un graduale aumento delle velocità di circa 300 m/sec ogni 10 m circa.

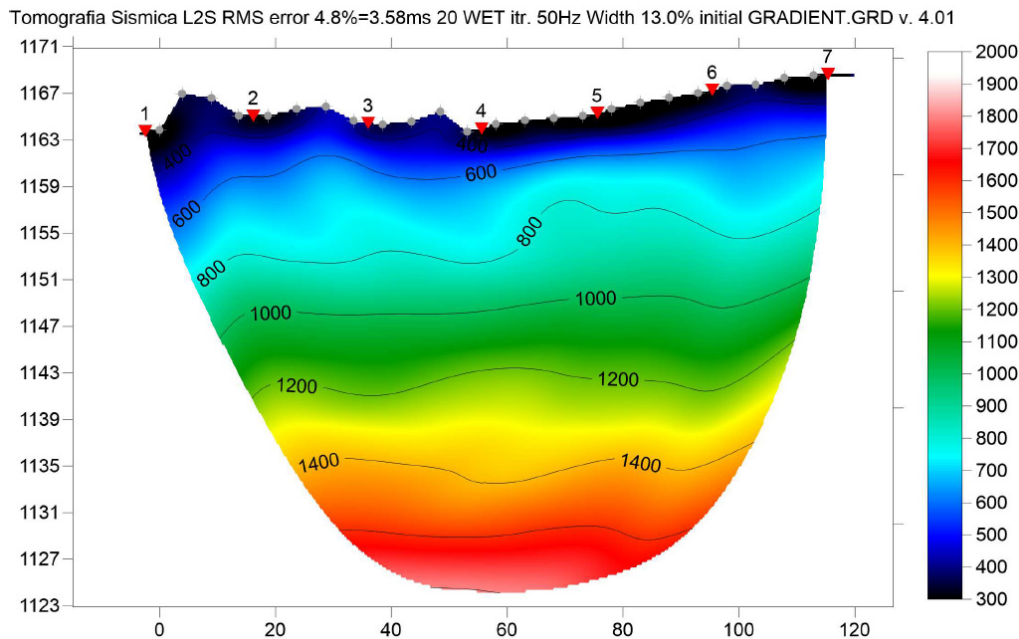


Figura 6.11 – stendimento L2 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT03 – tomografia sismica L3

Nel sito dell'aerogeneratore BT03 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L3”, in direzione circa N-S, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.12); per motivi legati alla lunghezza dello stendimento e al transito sulla viabilità esistente non è stato possibile estendere lo stendimento fino al punto di progetto del BT03.



Figura 6.12 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L3”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione

tomografia onde P



L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 4900 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 55 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Da superficie sino a circa 9-10 m da p.c. i valori di velocità variano tra 400 e 1300 m/sec, con andamento leggermente ondulato. A profondità maggiori, tra i geofoni 1-13, le linee di isovelocità si presentano subparallele tra loro ed al pendio, hanno un andamento leggermente ondulatorio ma nel complesso quasi lineare.

Inoltre, si assiste ad un graduale aumento delle velocità di circa 500 m/sec ogni 8-9 m circa, fino alla profondità di 40 m da piano campagna (p.c.) dove si raggiungono velocità di circa 2800 m/S; sotto tale quota i valori di velocità crescono più rapidamente fino a raggiungere i 4900 m/sec a circa 50 m da p.c.

Al di sotto dei geofoni 13-24, le linee di isovelocità mostrano un comportamento diverso, in particolare, a circa 10-11 m da p.c. si assiste ad un rapido aumento delle velocità che raggiungono valori intorno ai 2800 m/sec a circa 20-21 m da p.c..

Sotto tale quota si assiste al fenomeno opposto, le curve di isovelocità tendono ad aumentare la loro interdistanza fino a raggiungere i 4300 m/sec a circa 45 m da p.c.. Anche in questo caso le linee di isovelocità seguono, come tendenza generale, la geometria del piano campagna anche se si presentano ondulate.

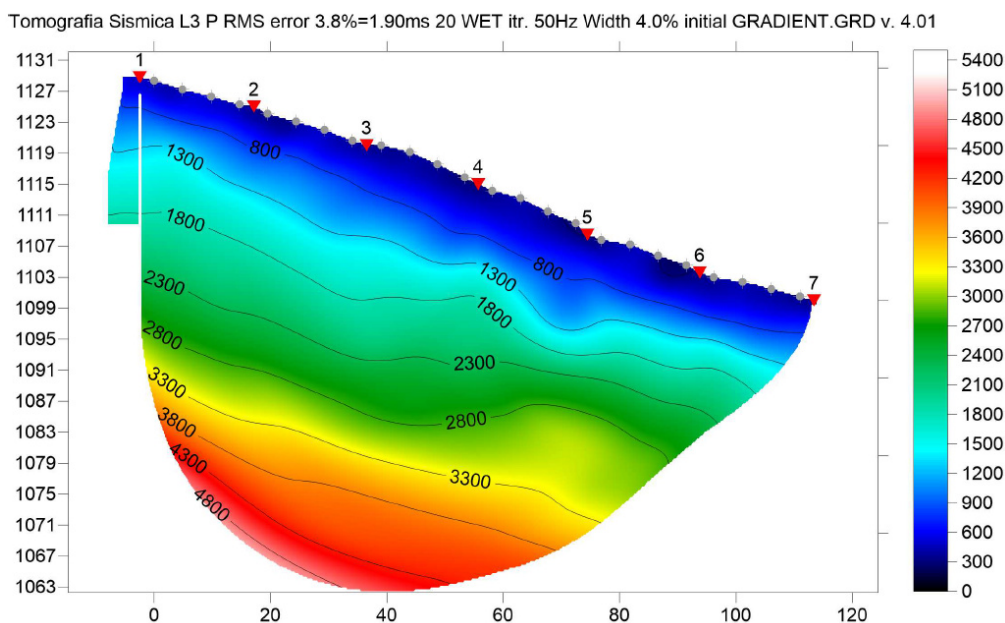


Figura 6.13 – stendimento L3 - tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 2500 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 50 metri da p.c., le linee di isovelocità si presentano ondulate con immersione in direzione del pendio.

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 200 e 500 m/sec, con andamento leggermente ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato.

A profondità maggiori si assiste ad un graduale aumento delle velocità con un trend simile a quello osservato nella Tomografia Sismica L3 P: nella prima parte della stesa le velocità aumentano più lentamente con la profondità (fino al geofono 12 circa) mentre nella seconda porzione della stesale velocità aumentano più rapidamente.

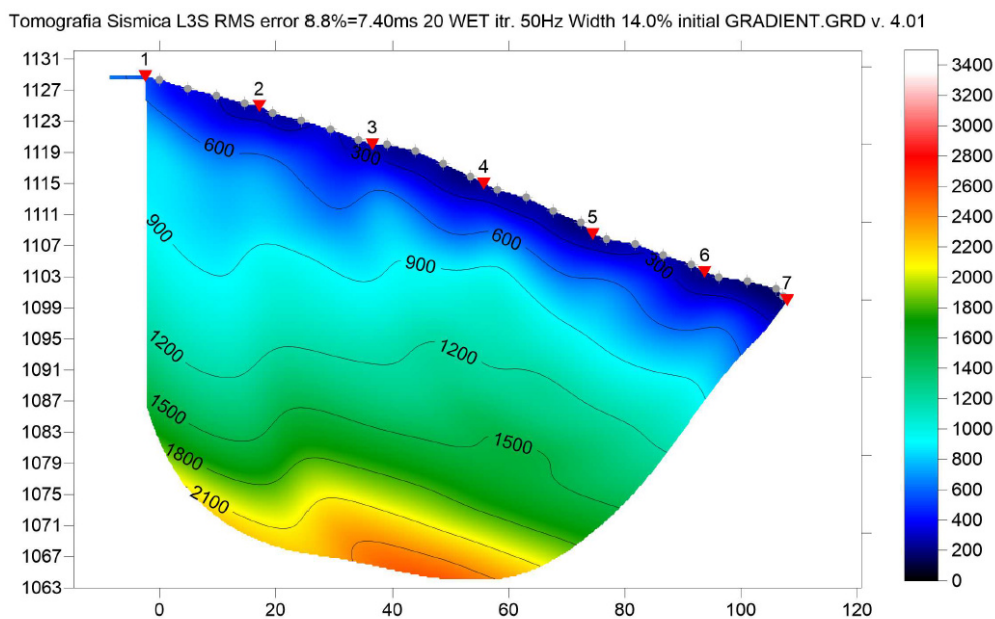


Figura 6.14 – stendimento L3 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT04 – tomografia sismica L4

Nel sito dell'aerogeneratore BT04 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L4”, in direzione circa N-S, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.15).

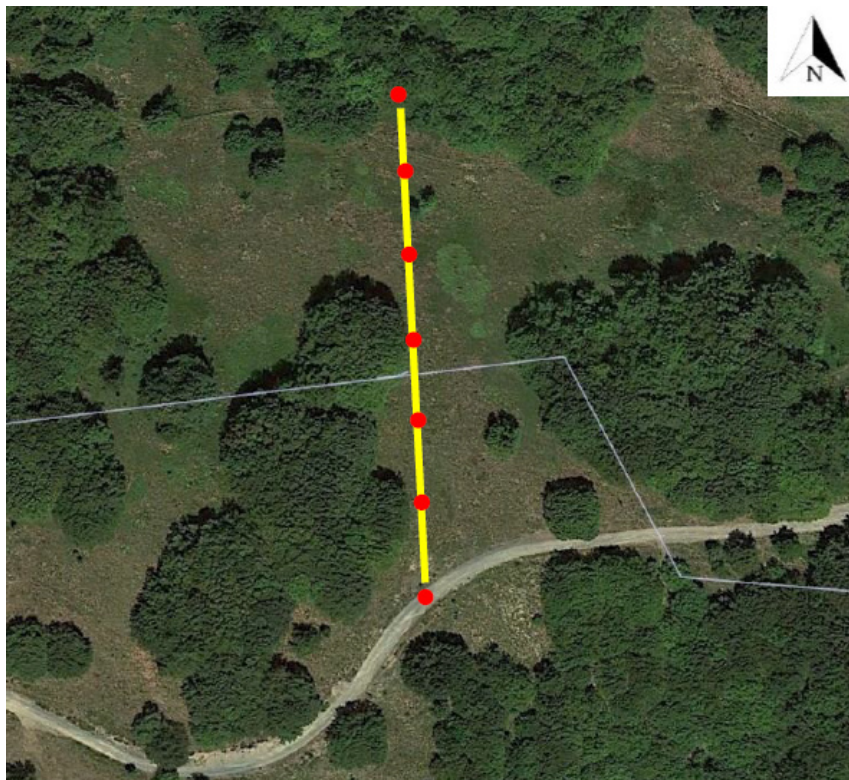


Figura 6.15 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L4”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione



tomografia onde P

L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 4900 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 47-48 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Da superficie fino a 15-16 m da p.c. le isovelocità si presentano ondulate ma sub-parallele al pendio registrando un aumento di velocità di 600 m/sec ogni 6-7 metri circa raggiungendo 2100 m/sec alla profondità di circa -10-15 m da p.c.. L'isovelocità 2700 m/sec segue anch'essa la direzione del pendio ad una profondità di circa -18 m a discapito di una zona, posta sotto i geofoni 9-12, che si approfondisce fino ad un massimo di 25 m da p.c.. Un'altra anomalia osservata è rappresentata dall'isovelocità 3300 m/sec che risulta immergere in direzione del pendio fino al di sotto del geofono 14 ad una quota di circa -26-27 m da p.c. dove la curva risale leggermente fino a circa -22-23 m da p.c. sotto il geofono 15 per poi riabbassarsi con andamento ondulato.

Al di sotto della linea di velocità appena descritta si osserva un comportamento caratterizzato da isovelocità (>3900 m/s) che seguono il profilo del pendio fino al di sotto del geofono 12, oltre tale punto si osserva una vasta area da circa -24 m da p.c. fino ad almeno -35-36 m da p.c. caratterizzata da velocità che rimangono in un range definito tra 3300 e 3700 m/sec.

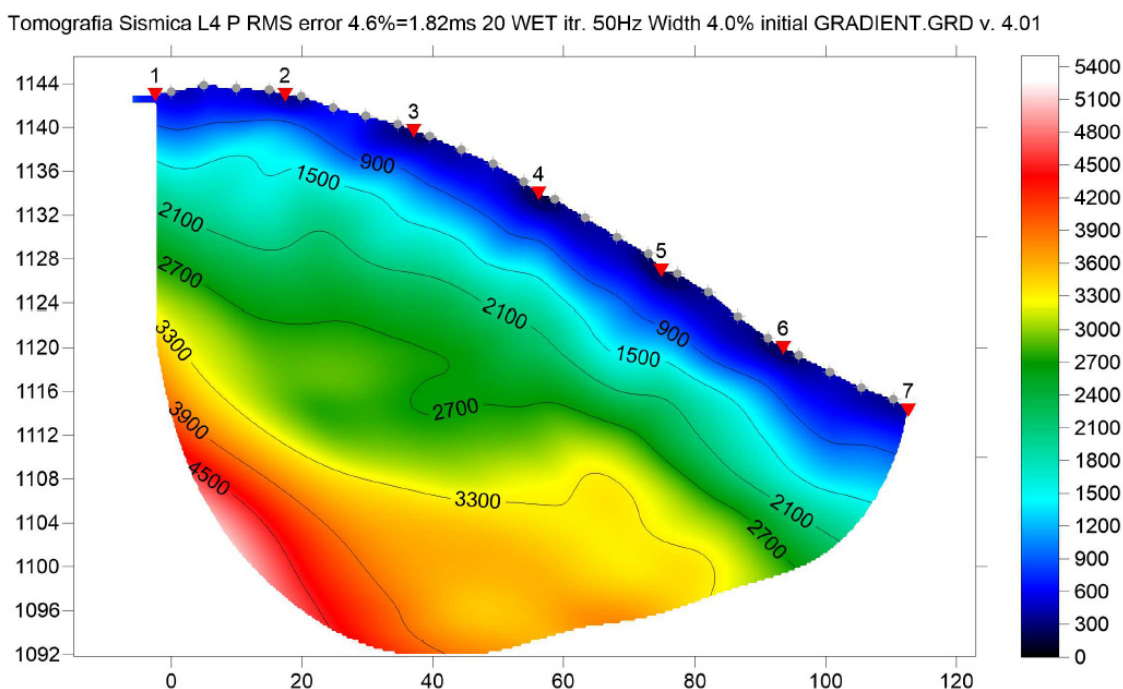


Figura 6.16 – stendimento L4 - tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 150 e 1250 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 35-36 metri da p.c., le linee di isovelocità si presentano ondulate con immersione in direzione del pendio.

Da superficie sino a circa 4-5 m i valori di velocità variano tra 200 e 400 m/sec, con andamento leggermente ondulato ed incrementanti con la profondità identificando un primo orizzonte superficiale di terreno detensionato. A quote inferiori le velocità aumentano in modo progressivo con l'aumentare della profondità, fino a raggiungere valori di circa 1200-1250 m/sec a circa -35-36 m da p.c..



Si è infine notata un'anomalia di velocità tra i geofoni 1 e 6 ad una profondità compresa tra -7 m e -13 m da p.c., in quest'area si osservano valori di velocità compresi tra 900-950 m/sec che risultano superiori di quelli al contorno.

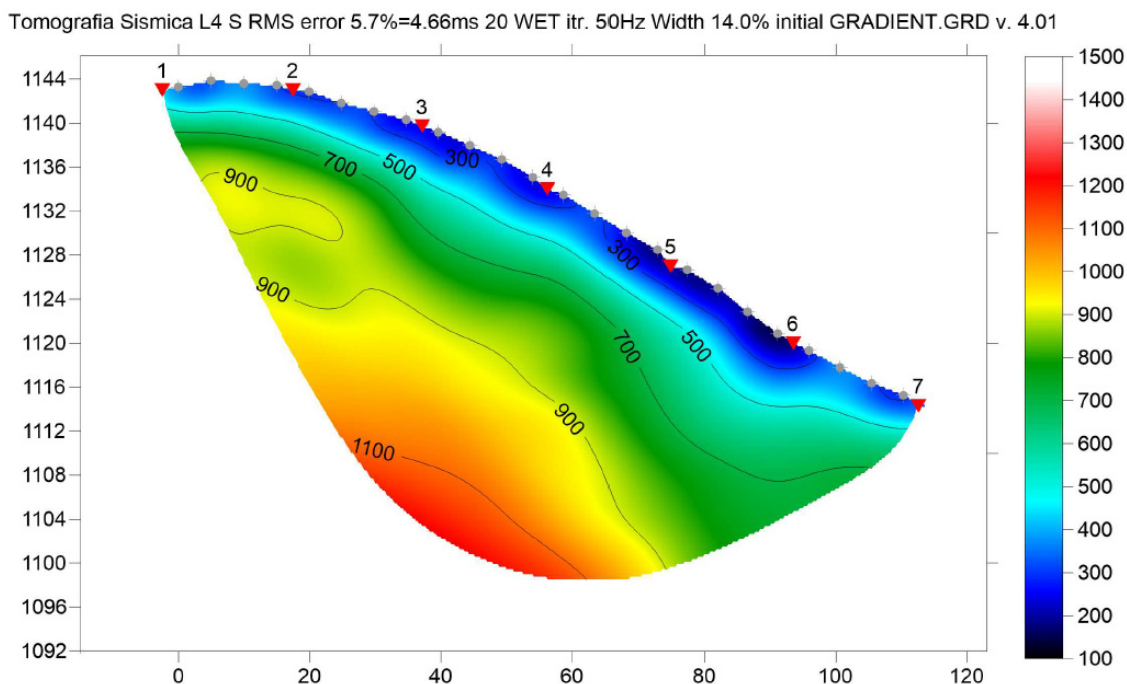


Figura 6.17 – stendimento L4 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT05 – tomografia sismica L5

Nel sito dell'aerogeneratore BT05 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L5”, in direzione circa N-S, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.18).

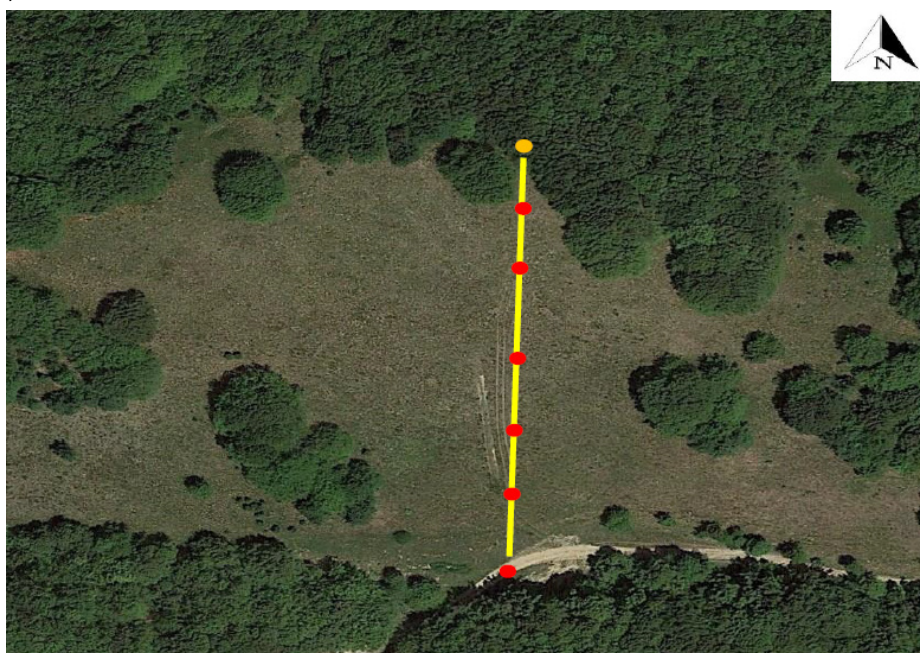


Figura 6.18 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L5”. La linea gialla mostra la geometria



della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione

tomografia onde P

L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 400 e 2500 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 42-43 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Da superficie fino a 7-8 m da p.c. le isovelocità si presentano sub-parallele al pendio registrando un aumento di velocità graduale fino a circa 900 m/sec. Tra i geofoni 9 e 21 ad una profondità compresa tra circa 10 m e 18-20 m da p.c. è stata osservata una zona con velocità tra 1400 m/sec e circa 1600 m/sec. Al di sotto di tale zona si ha un'inversione di velocità, con valori che tendono ad abbassarsi fino a circa 1200-1300 m/sec tra le profondità di circa 20 m e 26-27 m al centro della stesa per poi tornare ad aumentare; si osserva infatti una nuova isovelocità di 1400 m/sec. Successivamente è presente un graduale aumento delle velocità fino ad un massimo di 2500 m/sec alla profondità di circa 42-43 m da p.c. nella zona centrale della stesa.

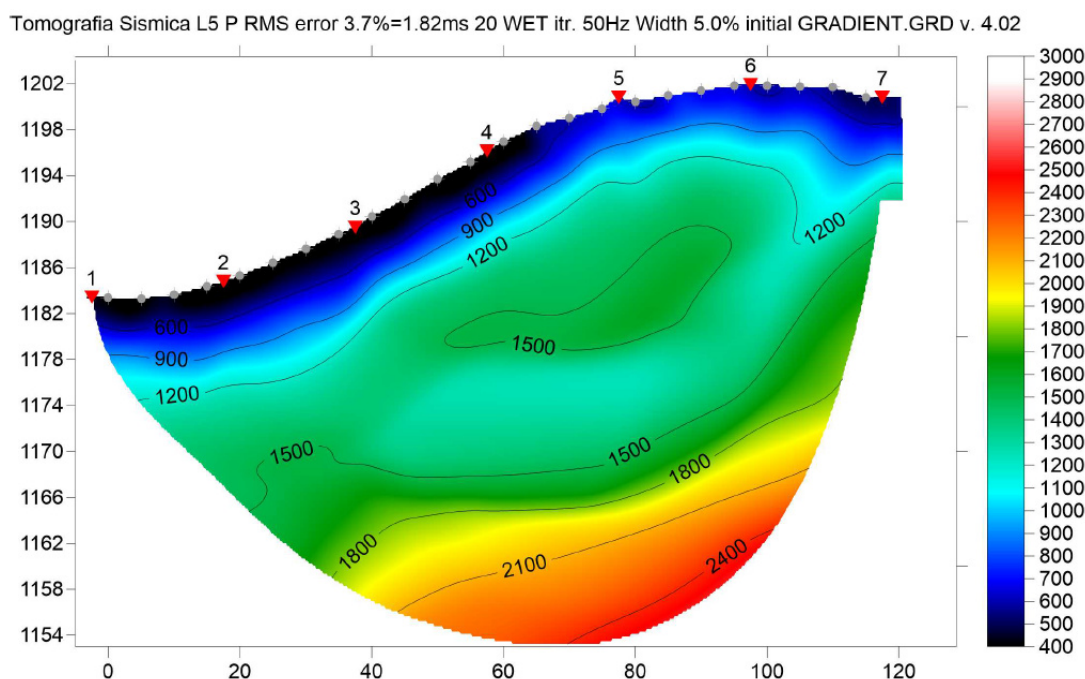


Figura 6.19 – stendimento L5- tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 800 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 20 metri da p.c., le linee di isovelocità si presentano ondulate con generale immersione in direzione del pendio.

Da superficie fino a circa 10 m di profondità, tra i geofoni 1 e 6, si osserva un graduale aumento delle velocità fino a valori di 650 m/sec; oltre il geofono 6 si osserva come l'isovelocità diventi più superficiale arrivando fino a circa 2 m da p.c. nella parte finale della stesa (geofoni 16-24).

Immediatamente sotto ai geofoni 16-24 è presente un'anomalia di velocità la cui parte centrale raggiunge circa 770 m/sec. Il resto della tomografia mostra un graduale aumento di velocità con valori che raggiungono circa 750 m/sec tra i 15 e i 20 m da p.c..

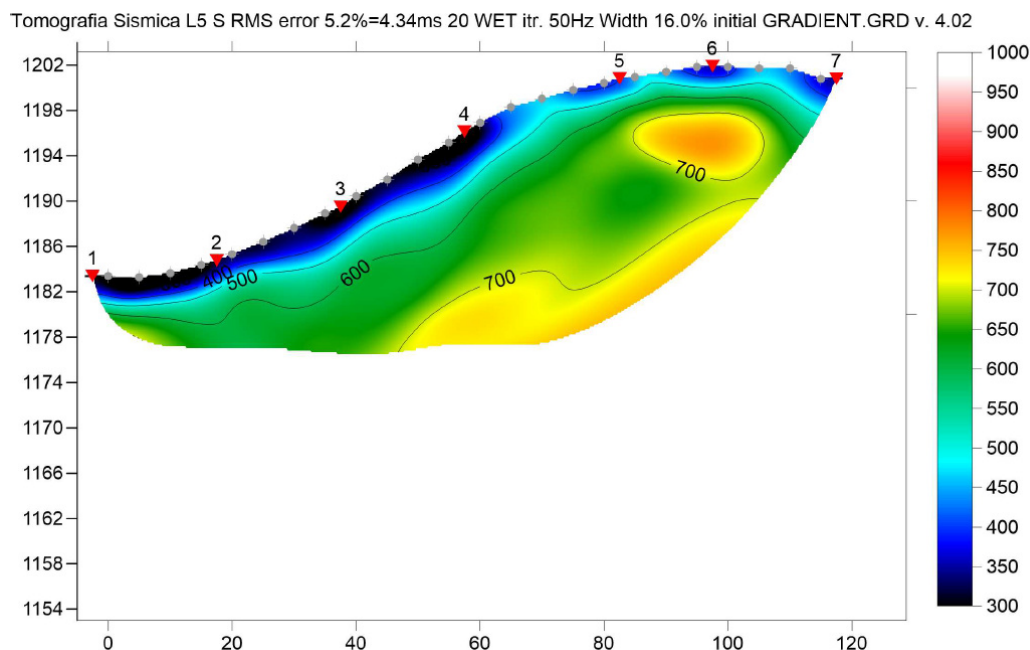


Figura 6.20 – stendimento L5 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT06 – tomografia sismica L6

Nel sito dell'aerogeneratore BT06 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L6”, in direzione circa NNE-SSW, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.21).

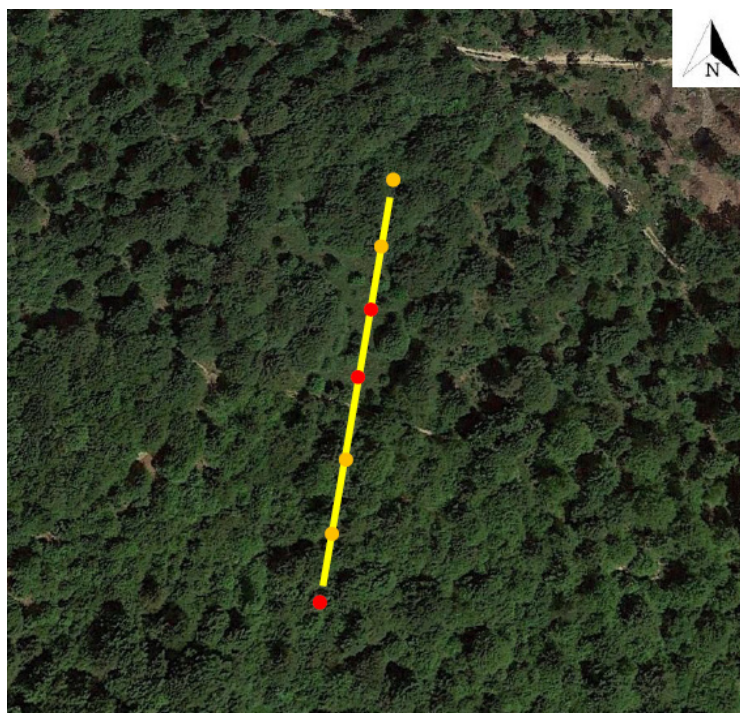


Figura 6.21 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica L6”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione



tomografia onde P

L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 400 e 3000 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 46-47 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Nei primi 7-8 metri della stesa si osserva un graduale aumento delle velocità fino a 1000 m/sec. Oltre tale quota si osserva una porzione di stesa caratterizzata da andamenti, come mostrato dall'isovelocità 1400 m/sec, estremamente ondulati fino ad una profondità di circa 28-30 metri in prossimità dell'isovelocità 1800 m/sec.

Al di sotto le isovelocità tornano parallele tra loro e immergenti in direzione del pendio.

Tomografia Sismica L6 P Brattello RMS error 3.6%=2.06ms 20 WET itr. 50Hz Width 5.5% initial GRADIENT.GRD v. 4.02

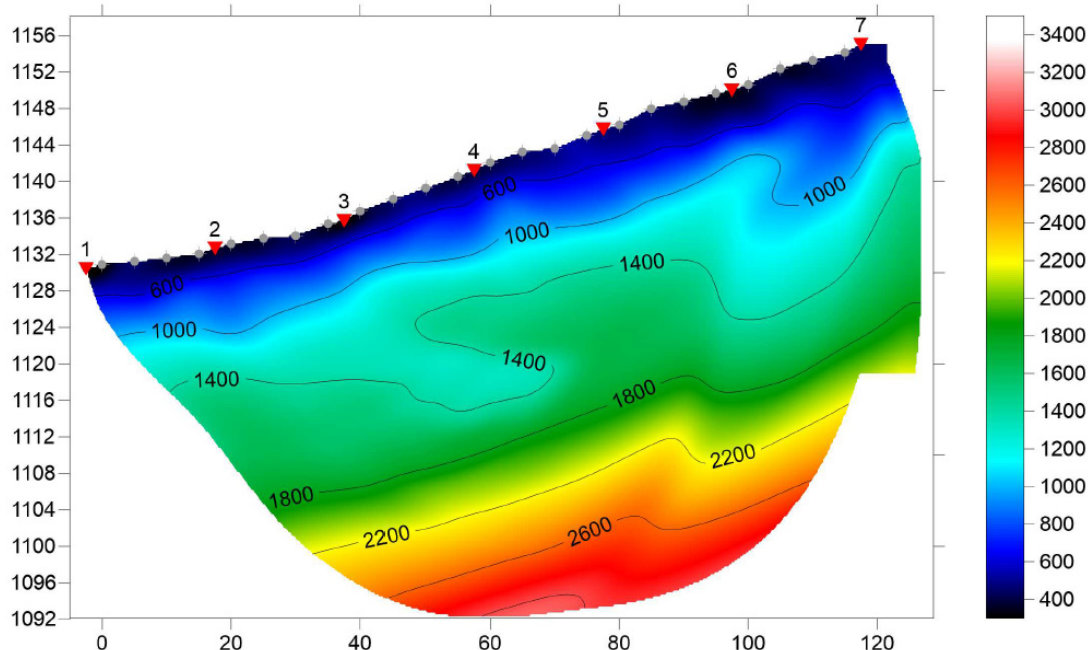


Figura 6.22 – stendimento L6- tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 800 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 30 metri da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Osservando la tomografia si osserva una tendenza nell'aumento di velocità che risulta costante fino al termine della tomografia a circa 30 m da p.c., con superfici di isovelocità che si presentano ondulate per tutta l'area indagata.

Nei primi 10 m circa, tra i geofoni 9-14 è presente un'anomalia di velocità che raggiunge 500 m/sec rispetto alle zone circostanti che, alle stesse profondità mostrano valori tra 300 m/sec e 400 m/sec. Al di sotto di tale anomalia l'ondulazione delle isovelocità risulta più marcata rispetto al resto della tomografia.

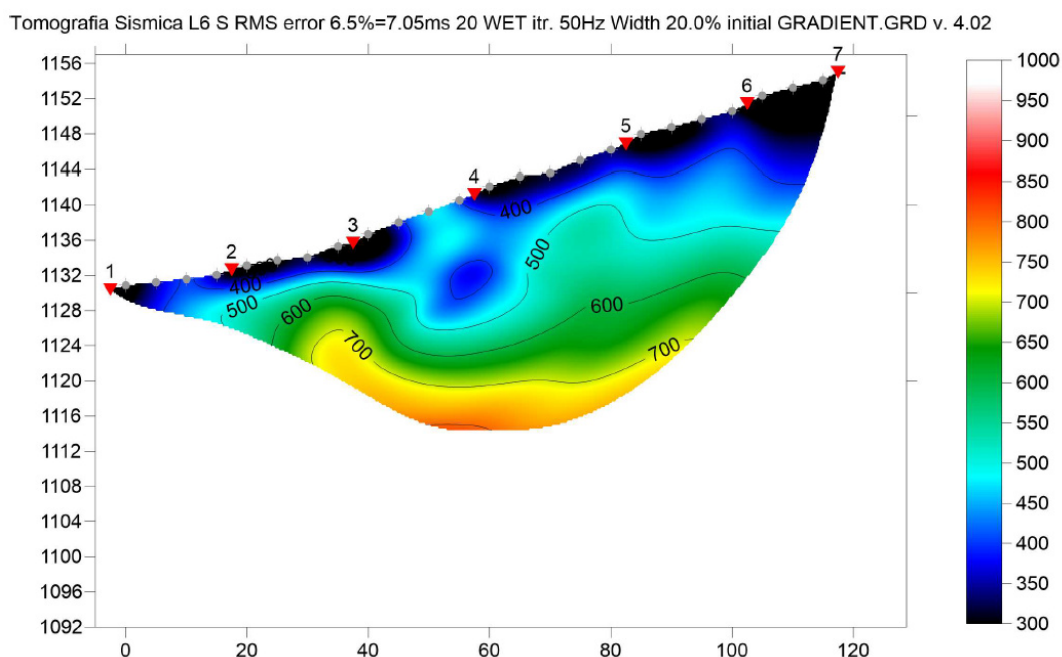


Figura 6.23 – stendimento L6 - tomografia onde S

AEROGENERATORE BT07 – tomografia sismica L7

Nel sito dell'aerogeneratore BT07 è stata eseguita una stesa denominata “Tomografia Sismica L7”, in direzione circa N-S, di lunghezza pari a 115 m con 24 geofoni avente passo intergeofonico di 5 m (Figura 6.24).

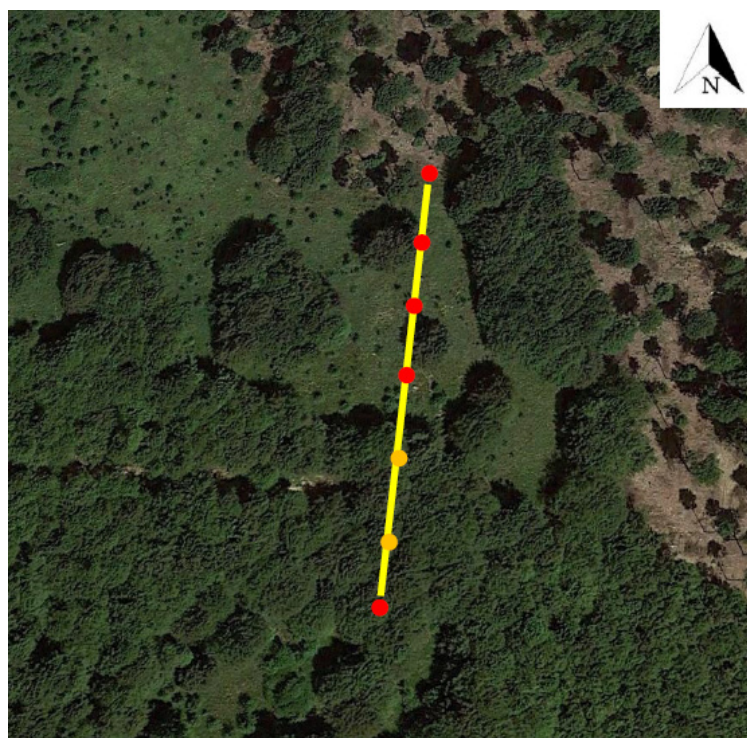


Figura 6.24 – Ubicazione in dettaglio della prima stesa, denominata “Tomografia Sismica 7”. La linea gialla mostra la geometria della stesa avente come estremi i geofoni 1 e 24, mentre i pallini rossi evidenziano i punti di energizzazione



tomografia onde P

L'esame della sezione sismica tomografica in onde P evidenzia la presenza di valori che variano tra 400 e 4700 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 65 m da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

La tomografia mostra isovelocità tendenzialmente sub-parallele al pendio con un aumento di velocità osservato di 500 m/sec ogni 10 metri circa fino ad una profondità di circa 33-34 m da p.c. in corrispondenza dell'isovelocità 2300 m/sec.

Al di sotto di tale isovelocità le velocità continuano ad aumentare più rapidamente con un passo di 500 m/sec ogni 7-8 metri circa fino ad una profondità massima di 65 metri dove sono state osservate velocità che raggiungono circa 4700 m/sec. Tra i geofoni 4 e 10, a profondità comprese tra 35 e 45 m da p.c., è stata osservata un'area dove viene interrotto il continuo aumento delle velocità precedentemente descritto, la zona si presenta con geometria ovale ed al suo interno sono state osservate velocità che scendono fino a circa 1900-2000 m/sec.

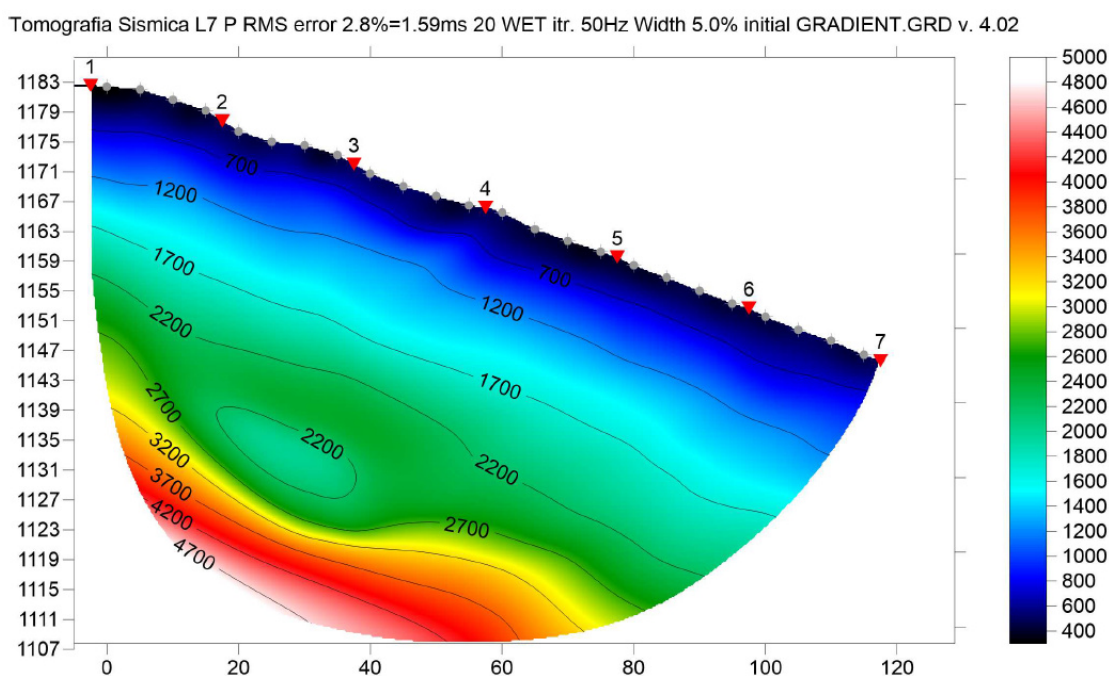


Figura 6.25 – stendimento L7- tomografia onde P

tomografia onde S

L'esame della sezione sismica tomografica in onde S evidenzia la presenza di valori che variano tra 300 e 1000 m/sec per una profondità massima di indagine di circa 37-38 m da p.c., identificando settori con caratteristiche diverse.

Le isovelocità si presentano leggermente ondulate fino a circa 8-9 m da p.c. per poi diventare più rettilinee, ma comunque seguono tutte l'immersione del pendio e le velocità tendono gradualmente ad aumentare con la profondità. In sintesi, si può suddividere la sezione in tre sismostrati:

- Il primo mostra un aumento di velocità da 300 fino a 600 m/sec da p.c. fino ad una profondità di circa 10 metri
- il secondo mostra un aumento di velocità fino a 800 m/sec in 18-19 metri circa
- il terzo che raggiunge velocità di circa 1000 m/sec negli ultimi 10-11 metri della tomografia.

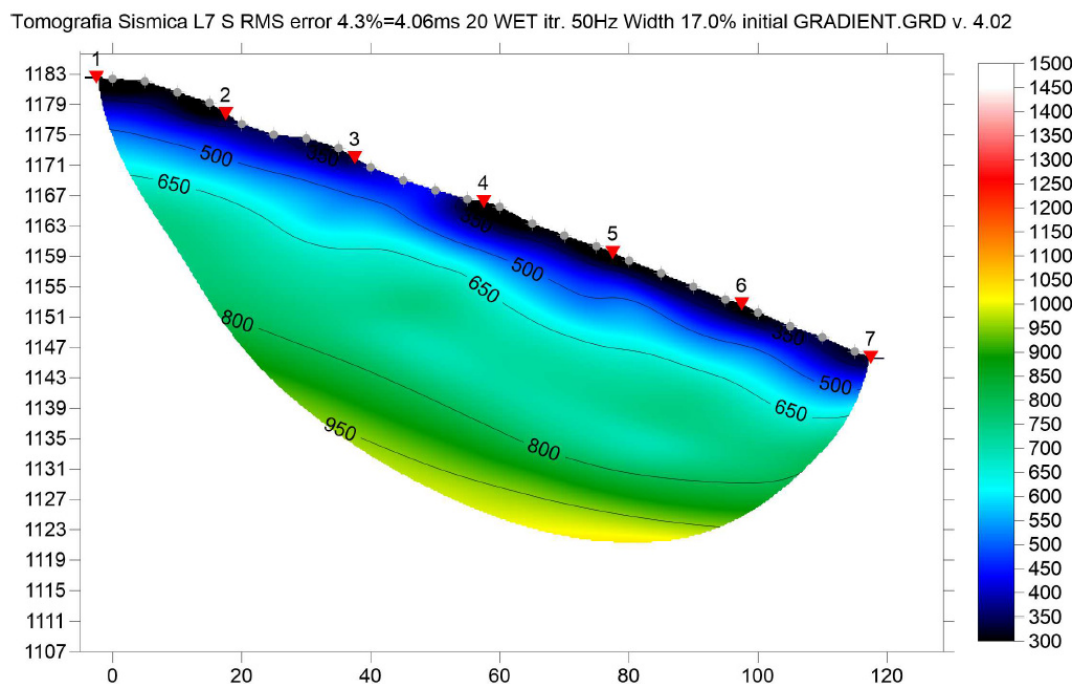


Figura 6.26 – stendimento L7 - tomografia onde S

6.3 Elaborazione ed interpretazione indagini geognostiche sottostazione utente

Per quanto riguarda le elaborazioni e le interpretazioni delle indagini geognostiche relative alla sottostazione utente si rimanda alla consultazione degli elaborati SIA.POR.R.6 (Relazione geologica), SIA.POR.R.7 (Relazione sismica) e SIA.POR.R.8 (Relazione geotecnica).



7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELLE FORMAZIONI ROCCIOSE DI SUBSTRATO

7.1 Generalità

La classificazione proposta da Beniauwsky consente di formulare stime previsionali sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità degli ammassi lapidei interessati da opere infrastrutturali di ingegneria civile anche nel caso in cui si dispongano di poche informazioni relative alla formazione geologica.

La classificazione proposta si basa sul rilievo, in campagna e/o in laboratorio, di 6 parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniauwsky)** e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Parametro A1: si può ricavare sia da prove di laboratorio (Prove di compressione monoassiale e/o Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u . Nel nostro caso, si è fatto riferimento ai valori delle prove di laboratorio (compressione monoassiale) reperiti dallo Studio Oppimitti 2002 che sarà illustrato nel seguito della presente.

Definita la resistenza a compressione S_u è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposti da Beniauwsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniauwsky nell'ultima versione del sistema (1989):



S_u (MPa)	> 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Coefficiente A1	15	12	7	4	2	1	0

Parametro A2: è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

Parametro A3: una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A3 = 5 s + 10$
$> 2,0$	$A3 = 20$

Parametro A4: determinare dalle tavole di classificazione di Beniauskis il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo. Perciò per valutare correttamente A4



conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

V1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	V1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

V2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

V3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	V3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

V4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

V5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

Parametro A5: questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniaowsky si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

Parametro A6: per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniaowsky risulta troppo “conservativo” e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMRc calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:



RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskas assumono il valore:

$$\begin{aligned}\text{coesione } c \text{ (kPa)} &= 5 \text{ RMR}_b \\ \text{angolo di attrito } f &= 0,5 \text{ RMR}_b + 5 \\ \text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} &= 2 \text{ RMR}_b - 100\end{aligned}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10^{(\text{RMR}_b - 10) / 40}$$

7.2 Classificazione ammassi rocciosi presenti nella zona di studio

Si è proceduto alla classificazione delle formazioni ivi presenti sulla base delle informazioni raccolte sia con la campagna di indagini sia con l'osservazione diretta degli affioramenti in sito. Purtroppo raramente tali affioramenti sono visibili con estensioni rappresentative, per cui si vuole segnalare che l'operazione svolta ha carattere preliminare ed è stata condotta con intenti di cautela.

		SL1 DPGV ("Arenarie di Monte Gottero)	SL2 cappellaccio delle Arenarie di Monte Gottero	SL3 Arenarie di Monte Gottero
Parametro				
A1	Q _c valore corrispondente	50-100 MPa 7	25-50 MPa 7	100-250 MPa 12
A2	RQD valore corrispondente	25-50 8	<25 8	50-75 13
A3	SPAZIATURA valore corrispondente	60-200 mm 8	<60 mm 8	200-600 mm 10
A4	GIUNTI persistenza apertura rugosità alterazione riempimento valore corrispondente	4 4 3 3 2 16	1 1 3 3 2 10	4 4 3 3 2 16
A5	CONDIZIONE IDRAULICA valore	umida (<10 l/min) 10	umida (<10 l/min) 10	umida (<10 l/min) 10
RMR _{base}		49	43	61
A6	ORIENTAMENTO DISCONTINUITA' valore corrispondente	sfavorevole -15	mediocre -7	mediocre -7
RMR _{corretto}		34	36	54



Dal valore di RMRb si calcolano i seguenti parametri caratteristici dell'ammasso:

		SL1 DPGV ("Arenarie di Monte Gottero")	SL2 cappellaccio delle Arenarie di Monte Gottero	SL3 Arenarie di Monte Gottero
coesione c (KPa)		245	215	305
angolo di attrito (ϕ)		29.5	26.5	35.5
Modulo di deformazione E (Gpa)		9.44	6.68	22

7.3 Elaborazione ed interpretazione dati geognostici bibliografici

I dati geognostici bibliografici reperiti sono rappresentativi dei litotipi della formazione delle “**Arenarie di Monte Gottero**” e sono riferibili alle due commesse sotto elencate:

- Oppimitti 2002: analisi geomeccaniche di campioni cubici di materiale arenaceo non alterato da sottoporre ad un possibile uso industriale lapideo
- SNAM 2008 - metanodotto Pontremoli – Cortemaggiore: prove di laboratorio su campioni estratti dai sondaggi meccanici n. 6, 7, 8 e 9 eseguiti presso località Dogana del Bratello.

Oppimitti 2002 (Studio per la progettazione di un parco eolico in località Monte Croce di Ferro)

Le prove geomeccaniche di compressione su campioni cubici di materiale arenaceo a grana fine sono state eseguite presso l'Istituto di Infrastrutture Viarie e Geotecnica dell'Università degli Studi di Bologna.

Le prove sono state eseguite su 4 campioni sottoposti a sforzo di compressione in differenti stati di saturazione e dopo cicli di gelività, sia in direzione parallela alla stratificazione sia in direzione perpendicolare.

I risultati sono illustrati nelle sottostanti tabelle.

Dall'analisi della tabella e dei risultati medi si evince come le caratteristiche di resistenza alla compressione di tali materiali siano estremamente elevate anche nelle condizioni più penalizzanti; in quest'ultimo caso i valori di resistenza subiscono un'abbattimento pari a circa l'11,35%, rimanendo comunque in ambito di ottime caratteristiche geomeccaniche.

Campione	dimensioni			Sezione resistente	Carico di rottura	note
	Larghezza (cm)	Lunghezza (cm)	Altezza (cm)	(cmq)	(Kg/cmq)	
1	7.20	7.22	7.36	51.98	2177.70	Secchi, parallelo
2	7.18	7.20	7.25	51.69	2042.90	Secchi, parallelo
3	7.24	7.21	7.37	52.20	1984.60	Secchi, perpendicolare
4	7.67	7.13	7.24	54.61	1884.20	Secchi, perpendicolare



					2022.30	
--	--	--	--	--	----------------	--

<i>Campione</i>	<i>dimensioni</i>			<i>Sezione resistente</i>	<i>Carico di rottura</i>	<i>note</i>
	<i>Larghezza (cm)</i>	<i>Lunghezza (cm)</i>	<i>Altezza (cm)</i>	<i>(cmq)</i>	<i>(Kg/cmq)</i>	
1	7.15	7.27	7.34	51.98	1846.80	Saturi, parallelo
2	7.24	7.30	7.30	51.85	1822.10	Saturi, parallelo
3	7.25	7.18	7.33	52.05	1789.90	Saturi, perpendicolare
4	7.24	7.24	7.30	52.41	1719.10	Saturi, perpendicolare
					1792.70	

<i>Campione</i>	<i>dimensioni</i>			<i>Sezione resistente</i>	<i>Carico di rottura</i>	<i>note</i>
	<i>Larghezza (cm)</i>	<i>Lunghezza (cm)</i>	<i>Altezza (cm)</i>	<i>(cmq)</i>	<i>(Kg/cmq)</i>	
1	7.00	7.12	7.12	49.84	2209.00	Gelivi, parallelo
2	7.02	7.15	7.10	49.84	2309.40	Gelivi, parallelo
3	7.20	7.30	7.30	52.56	2016.70	Gelivi, perpendicolare
4	7.24	7.33	7.33	51.55	2097.00	Gelivi, perpendicolare
					2158.00	

SNAM 2008 - metanodotto Pontremoli – Cortemaggiore

Sono stati reperiti n 5 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S6, S7, S8, S9 e S10) eseguiti presso il Passo del Bratello, che avevano interessato la formazione delle “Arenarie di Monte Gottero” (*Figura 7.1*).

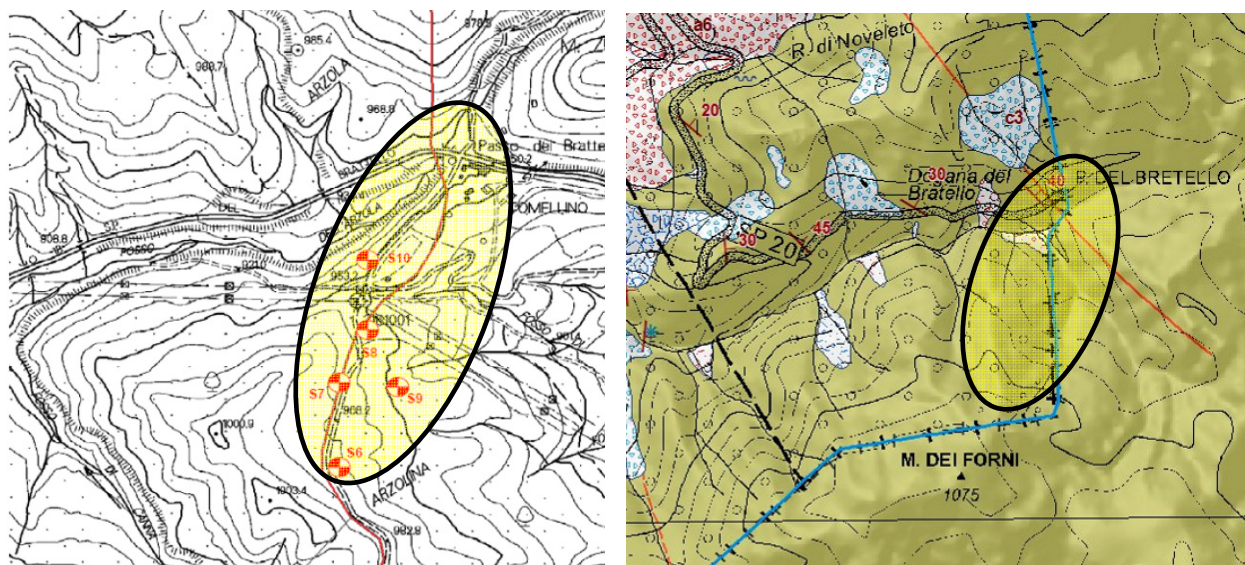


Figura 7.1 – planimetria delle indagini SNAM e carta geologica

Le stratigrafie dei sondaggi indicano una situazione litostratigrafica variabile, dipendente evidentemente dalla storia geologica del sito:

Sondaggio S6: argille limose con scaglie argillitiche frequenti, da consistenti a molto consistenti; il sondaggio è approfondito a 10 m dal p.c. e sono stati prelevati n 2 campioni indisturbati; eseguita n 1 prova penetrometrica in foro tipo SPT;


Sondaggio S7: argille limose con scaglie argillitiche frequenti, da consistenti a molto consistenti fino a 6,6 m dal p.c.; al di sotto, fino a 10 m (fine sondaggio) arenarie da molto fratturate a completamente frantumate, con livelli di argilliti di 10-15 cm di spessore; prelevati n 2 campioni, 1 indisturbato nelle argille e 1 rimaneggiato nelle arenarie; eseguite n 2 prove penetrometriche in foro tipo SPT;

Sondaggio S8: argilliti con inclusi arenacei fino a circa 4,6 m dal p.c.; da questa profondità fino a 6,3 m sono presenti siltiti da molto fratturate e completamente frantumate e, al di sotto, fino a fine sondaggio (10 m) sono presenti arenarie molto fratturate con fratture suborizzontali e livelli argillitici decimetrici; nessun prelievo di campioni; eseguite n 3 prove penetrometriche in foro tipo SPT, tutte a rifiuto;


Sondaggio S9: limi sabbiosi argillosi associati ad arenarie, si approfondiscono fino a 12,60 m dal p.c.; al di sotto argilliti marnose a consistenza litoide e intercalazioni arenacee; prelievo di n 3 campioni rimaneggiati, 2 nei limi sabbioso-argillosi e 1 nelle argilliti; eseguite n 5 prove penetrometriche in foro tipo SPT;


Sondaggio S10: limi argilloso sabbiosi molto consistenti e livelli a consistenza marnosa; sono presenti nuclei e livelli metrici di arenarie a grana medio-fine ben cementate; prelievo di n 1 campione indisturbato e di 2 campioni rimaneggiati; eseguite n 2 prove penetrometriche in foro tipo SPT.




 INDAGINE RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C. Via Fontevocchia, 4 - 05010 SPOLTORE (PE) tel/fax 0854157055 - email: tecnosoil@inwind.it Decreto di concessione ministeriale n. 52504 del 11/10/2004 per prove geotecniche in situ (settor c), ai sensi dell'art.8, comma 6 del D.P.R. 246		Verbale di accettazione n° 0008 del 07/04/2008		Rif. Int. Sc032										
		CERTIFICATO N° 0024		foglio 1 di 1 data di emissione 22/04/2008										
		STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO												
		COMMITTENTE SNAMPROGETTI S.p.a.		S9										
OPERA : METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE		COORDINATE GAUSS-BOAGA N E		QUOTA										
LOCALITA' : PASSO DEL BRATTELLO		DATA Inizio 14/04/2008 Fine 14/04/2008												
SCALA : 1:100	TIPO SONDA : CMV 420 S	DIAMETRO FORO: Iniziale 127 mm Finale 101 mm		OPERATORI : Marinucci-Renzella										
METODO PERFORAZIONE: C.C.		CAMPIONATORE :		GEOLOGO : S. Cavallucci										
CAROTIERE PROFONDITA' DAL P.C. (m)	POTENZA DELLA FORMAZIONE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	RECUPERO CAROTAGGIO (%)	R.Q.D. Rock Quality Designation (%)	Pocket Penetrometer er (Kpa)	FALDA	CAMPIONI			RILIEVO GAS	PROVE IN FORO		ATTREZZATURA IN FORO	TUBI DI RIVESTIMENTO
							Indisturbati	Rimaneggiati	Fluidi		Ambientali	Dilatometrica		
		Terreno agrario limoso-sabbioso di colore marrone scuro												
1,5	1,5													
		Limi sabbioso-argillosi di colore marrone associati spesso caoticamente ad arenarie con grana medio-fine che generalmente si presentano in scaglie di spessore da millimetrico a centimetrico, raramente decimetrico.												
11,1														
12,6														
		Argilliti marmose di colore grigio a tessitura tendenzialmente scagliosa con livelli di consistenza litoide ed intercalazioni arenacee.												
2,4														
15,0														




 <p>INDAGINI E RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA TECNOSOIL S.p.A. di Pietromartire E. & C. Via Fontevico, 4 - 05010 SPOLTORE (PE) tel/fax 0854157055 - email: tecnosoil@tinwind.it</p> <p>Decreto di concessione ministeriale n. 52504 del 11/10/2004 per prove geotecniche in situ (settore c), ai sensi dell'art.8, comma 6 del D.P.R. 246</p>		Verbale di accettazione n° 0008 del 07/04/2008		Rif. Int. Sc029									
		CERTIFICATO N° 0021 foglio 1 di 1		data di emissione 21/04/2008									
		STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO											
		COMMITTENTE		SNAMPROGETTI S.p.A.		S6							
OPERA :		METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE		COORDINATE GAUSS-BOAGA N E									
LOCALITA' :		PASSO DEL BRATTELLO		DATA Inizio 09/04/2008 Fine 09/04/2008									
SCALA :		TIPO SONDA : CMV 420 S		DIAMETRO FORO: Iniziale 127 mm Finale 101 mm OPERATORI : Marinucci-Renzella									
1:100		METODO PERFORAZIONE: C.C.		CAMPIONATORE : Shelby GEOLOGO : P. D'Ercole									
CARTIERE PROFONDITA' DAL P.C. POTENZA DELLA FORMAZIONE SEZIONE STRATIGRAFICA	(m) (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	RECUPERO CAROTAGGIO (%)	R.Q.D. Rock Quality Designation (%)	Pocket Penetration (kgf)	FALDA	CAMPIONI			PROVE IN FORO			TUBI DI RIVESTIMENTO
							Indisturbati	Rimaneggiati	Fluidi	Ambientali	RILIEVO GAS	Dilatometrica	
	1,5	Piano stradale e materiale di riporto costituito da argille marroni miste a clasti.											
	0,5	Argille limose di colore giallo-ocraceo con frequenti scaglie argillitiche centimetriche. Graduale passaggio ad argille limose di colore marrone-avana e da consistenti a molto consistenti.					3,50 3,90						
	10,0						7,30 7,40						
													8,3

 <p>INDAGINI E RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA TECNOSOIL S.p.A. di Pietromartire E. & C. Via Fontevico, 4 - 05010 SPOLTORE (PE) tel/fax 0854157055 - email: tecnosoil@tinwind.it</p> <p>Decreto di concessione ministeriale n. 52504 del 11/10/2004 per prove geotecniche in situ (settore c), ai sensi dell'art.8, comma 6 del D.P.R. 246</p>		Verbale di accettazione n° 0008 del 07/04/2008		Rif. Int. Sc030									
		CERTIFICATO N° 0022 foglio 1 di 1		data di emissione 21/04/2008									
		STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO											
		COMMITTENTE		SNAMPROGETTI S.p.A.		S7							
OPERA :		METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE		COORDINATE GAUSS-BOAGA N E									
LOCALITA' :		PASSO DEL BRATTELLO		DATA Inizio 09/04/2008 Fine 09/04/2008									
SCALA :		TIPO SONDA : CMV 420 S		DIAMETRO FORO: Iniziale 127 mm Finale 101 mm OPERATORI : Marinucci-Renzella									
1:100		METODO PERFORAZIONE: C.C.		CAMPIONATORE : Shelby GEOLOGO : P. D'Ercole									
CARTIERE PROFONDITA' DAL P.C. POTENZA DELLA FORMAZIONE SEZIONE STRATIGRAFICA	(m) (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	RECUPERO CAROTAGGIO (%)	R.Q.D. Rock Quality Designation (%)	Pocket Penetration (kgf)	FALDA	CAMPIONI			PROVE IN FORO			TUBI DI RIVESTIMENTO
							Indisturbati	Rimaneggiati	Fluidi	Ambientali	RILIEVO GAS	Dilatometrica	
	1,0	Piano stradale e materiale di riporto costituito da terra mista a clasti.											
	5,6	Argille limose di colore avana chiaro secondariamente marrone o grigio, miste a frequenti scaglie di natura argillitica centimetriche, da consistenti a molto consistenti. Talora livelli arenacei da centimetrici a max 30 cm.					2,80 3,00						
	6,6												
	3,4	Arenarie da molto fratturate a completamente frantumate, con fratture spesso iso-orietate lungo piani sub- orizzontali. Livelli 10-15 cm costituiti da argilliti di colore grigio alle quote 9,0 e 9,85 m.					7,8 8,0						
	10,0												8,5



 INDAGINI E RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA TECNOSOIL S.p.A. di Pietromartire E. & C. Via Fontevicchia, 4 - 05010 SPOLTORRE (PE) tel/fax 0854157055 - email: tecnosoil@inwind.it Decreto di concessione ministeriale n. 52504 del 11/10/2004 per prove geotecniche in situ (settore c), ai sensi dell'art.8, comma 6 del D.P.R. 246		Verbale di accettazione n° 0008 del 07/04/2008		Rif. Int. Sc031												
		CERTIFICATO N° 0023		foglio 1 di 1												
		data di emissione 21/04/2008														
		STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO														
COMMITTENTE		SNAMPROGETTI S.p.a.		S8												
OPERA :		METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE		COORDINATE GAUSS-BOAGA N E												
LOCALITA' :		PASSO DEL BRATTELLO		DATA Inizio 10/04/2008 Fine 10/04/2008												
SCALA :	TIPO SONDA :	CMV 420 S	DIAMETRO FORO: Iniziale 127 mm Finale 101 mm	OPERATORI : Marinucci-Renzella												
1:100	METODO PERFORAZIONE: C.C.	CAMPIONATORE : Shelby		GEOLOGO : P. D'Ercole												
CAROTIERE	PROFONDITA' DAL P.C.	POTENZA DELLA FORMAZIONE	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	RECUPERO CAROTTAGGIO (%)	R.O.D. Rock Quality Designation (%)	Pocket Penetrometer (kgf)	FALDA	CAMPIONI	RILEVO GAS	PROVE IN FORO	ATTREZZATURA IN FORO	TUBI DI RIVESTIMENTO				
(m)	(m)			20 40 60 80	10 30 50 70 90	100 300 500	Indisturbati	Rimaneggiati	Fluidi	Ambientali	Dilatometrica	Leifranc	S.P.T.	Prof. N Colpi	Piez. T.A.	6127
	0,5	0,5	Materiale di riporto.													
	4,1		Argilliti di colore avana con inclusi arenacei di spessore max 10 cm.											P.C. 3,10 41 RE.11		
	4,6															
	6,3	1,7	Siltiti da molto fratturate a completamente frantumate con fratture allineate lungo piani iso-orientati sub-orizzontali.													
	3,7		Arenarie molto fratturate con fratture orizzontali e livelli argilliti decimetrici.											P.C. 8,20 43 RE.3		
	10,0													P.C. 10,00 41 RE.7		

 INDAGINI E RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA TECNOSOIL S.p.A. di Pietromartire E. & C. Via Fontevicchia, 4 - 05010 SPOLTORRE (PE) tel/fax 0854157055 - email: tecnosoil@inwind.it Decreto di concessione ministeriale n. 52504 del 11/10/2004 per prove geotecniche in situ (settore c), ai sensi dell'art.8, comma 6 del D.P.R. 246		Verbale di accettazione n° 0008 del 07/04/2008		Rif. Int. Sc033												
		CERTIFICATO N° 0025		foglio 1 di 1												
		data di emissione 22/04/2008														
		STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO														
COMMITTENTE		SNAMPROGETTI S.p.a.		S10												
OPERA :		METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE		COORDINATE GAUSS-BOAGA N E												
LOCALITA' :		PASSO DEL BRATTELLO		DATA Inizio 14/04/2008 Fine 14/04/2008												
SCALA :	TIPO SONDA :	CMV 420 S	DIAMETRO FORO: Iniziale 127 mm Finale 101 mm	OPERATORI : Marinucci-Renzella												
1:100	METODO PERFORAZIONE: C.C.	CAMPIONATORE :		GEOLOGO : S. Cavallucci												
CAROTIERE	PROFONDITA' DAL P.C.	POTENZA DELLA FORMAZIONE	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	RECUPERO CAROTTAGGIO (%)	R.O.D. Rock Quality Designation (%)	Pocket Penetrometer (kgf)	FALDA	CAMPIONI	RILEVO GAS	PROVE IN FORO	ATTREZZATURA IN FORO	TUBI DI RIVESTIMENTO				
(m)	(m)			20 40 60 80	10 30 50 70 90	100 300 500	Indisturbati	Rimaneggiati	Fluidi	Ambientali	Dilatometrica	Leifranc	S.P.T.	Prof. N Colpi	Piez. T.A.	6127
	1,2		Limi argilloso-sabbiosi di colore marrone													
	8,8		Limi argilloso-sabbiosi di colore marrone ed avana molto consistenti con livelli a consistenza marnosa e che generalmente presentano in scaglie e frammenti eterometrici. Si rilevano inoltre nuclei e livelli anche metrici (in particolare da quota 4,3 m a quota 5,0 m) di arenarie con grana medio-fine ben cementata e che spesso tendono a frantumarsi in superfici piano parallele											P.C. 6,00 42 RE.2		
	10,0													P.C. 9,40 41 RE.5		



I campioni indisturbati e rimaneggiati sono stati sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e di resistenza, mediante determinazione del contenuto in acqua, perso specifico, limiti di consistenza, parametri di resistenza di picco e residui con prove di taglio diretto e parametri di resistenza residui con prove di taglio anulare.

Come visualizzato i campioni hanno interessato principalmente materiali limoso-argillosi dei terreni di copertura e/o materiali della facies argillitica della formazione di substrato: i risultati delle prove, in generale piuttosto omogenei e poco dispersi, sono illustrati nella sottostante tabella.

Sondaggio	campione	litologia	W	γ	LIMITI DI CONSISTENZA			TAGLIO DIRETTO				TAGLIO ANULARE	
					WP	WL	IP	c _p	φ _p	c _r	φ _r	c _r	φ _r
			(%)	(t/mc)	(%)	(%)		Kpa	(°)	Kpa	(°)	Kpa	(°)
6	1	limo argilloso	25.6	1.98	28	42	14	11.9	28.8	0	21.9		
6	2	limo argilloso compatto	18	2.08	24	36	12						
7	1	limo argilloso molto compatto, poco plastico	21.1	1.99	27	38	11	15.2	28.4	0.7	23.3		
9	CR1	limo argilloso compatto, plastico										0	15.2
10	1	limo argilloso poco plastico	11.1	2.03	19	32	13			0.5	22.1		
10	CR1	limo argilloso poco plastico			22	32	10						
10	CR2	limo argilloso poco plastico			16	25	9						



8. UNITÀ LITOTECNICHE E SEZIONI GEOLOGICHE

8.1 Torri eoliche

Partendo da quanto illustrato ai paragrafi precedenti, si è cercato di differenziare le unità litostratigrafiche secondo uno schema semplificato così articolato:

1) UNITA' DEI TERRENI DI COPERTURA

- **Suolo:** è presente in tutti i siti degli aerogeneratori e dell'area di cantiere ma non ha rilevanza ai fini geotecnici in quanto presente con spessori ridottissimi e pertanto oggetto di splatemento e sbancamento;
- **TC1: Detrito di falda (unità a6):** è presente principalmente nel sito dell'aerogeneratore BT01 con spessori di circa 3,5 – 4 m e a monte dell'area di sedime dell'aerogeneratore BT04; si tratta di depositi costituiti da elementi litoidi spigolosi generalmente con matrice fine piuttosto scarsa.
- **TC2: Depositi glaciali e periglaciali (unità c3):** sono presenti estesamente nell'area di cantiere e sono costituiti da detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile (facies b); nella parte superiore è invece presente una facies più fine rappresentata da terreni limoso argillosi (a);

2) UNITA' DEL SUBSTRATO LAPIDEO O PSEUDO-LAPIDEO

- **Unità SL1: DPGV (“Arenarie di Monte Gottero):** è presente estesamente nella zona dell'aerogeneratore BT06 ed è rappresentata da masse di dimensioni più o meno rilevanti di roccia che, pur sciolte lungo una o più superfici di scorrimento, traslativa e/o rotazionale, conservano al loro interno la coerenza stratigrafica della roccia di provenienza.
- **Unità SL2 (coltre di alterazione e degradazione delle Arenarie di Monte Gottero):** è costituita dal cosiddetto cappellaccio di alterazione, cioè dalla fascia alterata e degradata del substrato roccioso delle Arenarie di Monte Gottero; si tratta di arenarie molto fratturate e degradate alternate a livelli decimetrici di argilliti.
- **Unità SL3 (Arenarie di Monte Gottero):** è costituita dal substrato roccioso delle Arenarie di Monte Gottero costituite da arenarie medio grosolane alternate a livelli pelitici nerastri.

Per la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni di cui alle **UNITA' DEI TERRENI DI COPERTURA** si è fatto riferimento a:

- **TC1 Detrito di falda:** prova penetrometrica dinamica DPSH04 eseguita nel sito dell'aerogeneratore BT01;
- **TC2 Depositi glaciali e periglaciali:** prove penetrometriche dinamiche nella zona della sottostazione utente (che saranno illustrate nel seguito della presente, nel Capitolo dedicato).

Il quadro generale dei parametri nominali geotecnici attribuiti ai **terreni di copertura**, desunto dalle indagini geognostiche, dai dati bibliografici e alle classificazione geomeccaniche ricorrenti è così riassumibile:

VALORI MEDI											
	γ		γ_{sat}		c_u		D_r	φ'	E_d		E
	t/m ³	kN/m ³	t/m ³	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	%	°	kg/cm ²	kPa	kg/cm ² kPa
TC1	1.91	18.69	1.96	19.20	0.71	69.46	82.14	24.64	97.38	9549.72	156.15 15313.09
TC2a	1.98	19.38	2.13	20.92	0.43	42.34	34.52	25.44	116.90	11463.92	108.58 10648.30
TC2b	2.24	21.94	2.40	23.53	1.16	113.88	63.93	31.35	324.60	31832.40	311.76 30573.47



Per la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni di cui alle **UNITA' DEL SUBSTRATO LAPIDEO O PSEUDO-LAPIDEO** si è fatto riferimento ai dati delle prove di laboratorio reperite e alla classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi proposta da Bieniawsky.

Il quadro generale dei parametri nominali geotecnici attribuiti alle unità del substrato lapideo, desunto dalle indagini geognostiche, dai dati bibliografici e alle classificazione geomeccaniche ricorrenti è così riassumibile:

VALORI MEDI SUBSTRATO LAPIDEO						
	γ	c		φ'	E_d	
	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	°	kg/cm ²	kPa
SL1	21 - 24	2.50	245.00	29.50	96261.21	9440000.00
SL2	21 - 23	2.19	215.00	26.50	68117.04	6680000.00
SL3	21 - 25	3.11	305.00	35.50	224337.57	22000000.00

Sulla base della classificazione delle unità litotecniche eseguita ed utilizzando i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche si è proceduto alla costruzione delle sezioni geologiche in asse piazzola di ciascun aerogeneratore.

Le sezioni, in scala 1:500 sono state ricostruite secondo la direttrice di massima pendenza del versante e riportano i seguenti dati:

- ubicazione dell'aerogeneratore e della fondazione;
- legenda delle unità litotecniche (unità delle terre di copertura e del substrato lapideo), sismostratigrafiche e litologiche;
- successione stratigrafica ricostruita con le sezioni tomografiche a rifrazione;

La stratigrafia è stata ricostruita sulla base delle sezioni sismostratigrafiche utilizzando come taratura le informazioni derivanti dalle prove penetrometriche DPSH e cercando di estendere a tutta la sezione le informazioni disponibili.

A tal proposito si evidenzia che gli orizzonti sismostratigrafici n 1 e n 2 sono stati entrambi attribuiti ai terreni di copertura, anche se il secondo livello potrebbe essere rappresentativo, alla luce delle velocità delle onde P che lo contraddistinguono, del tetto delle formazioni di substrato; si è ritenuto opportuno, in via cautelativa, eseguire questo tipo di correlazione che potrebbe risultare più corretta dal punto di vista geotecnico rispetto a quello geologico.

Nel seguito si riportano 3 sezioni rappresentative delle 3 situazioni geotecniche presenti localmente:

- Aerogeneratore BT01, in area di Detrito di versante (*Figura 8.2*);
- Aerogeneratore BT02, in area con substrato roccioso affiorante (Arenarie di Monte Gottero) (*Figura 8.3*);
- Aerogeneratore BT06, in area con Arenarie di Monte Gottero interessate da Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV) (*Figura 8.4*).



Nella Tavola G-R.1-Tav.5, denominata “Sezioni geologico-tecniche” si riportano le sezioni in massima pendenza di ciascun aerogeneratore.

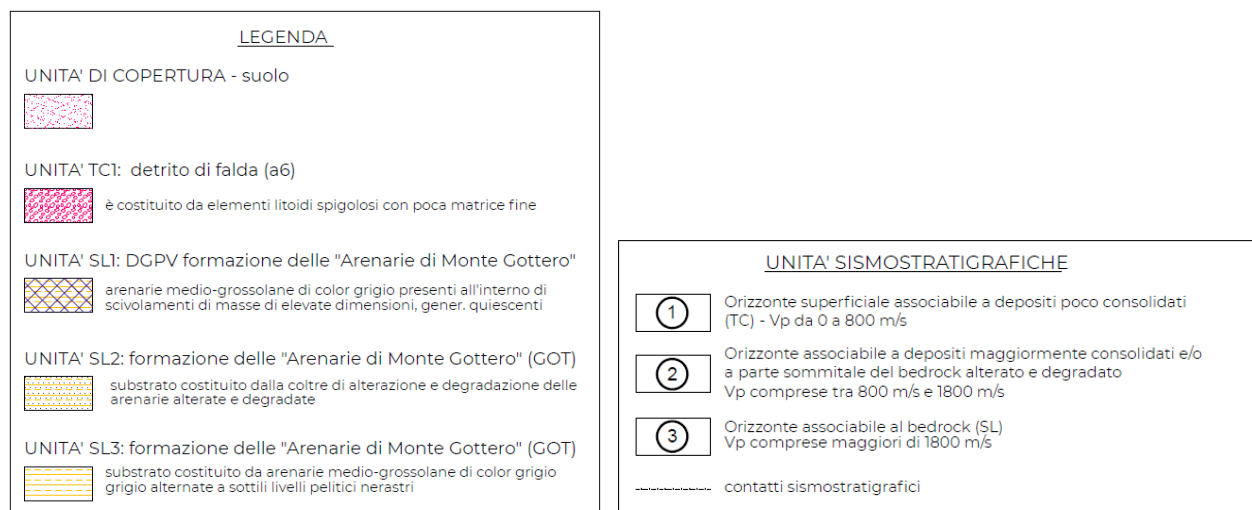


Figura 8.1 – legenda sezioni geologiche

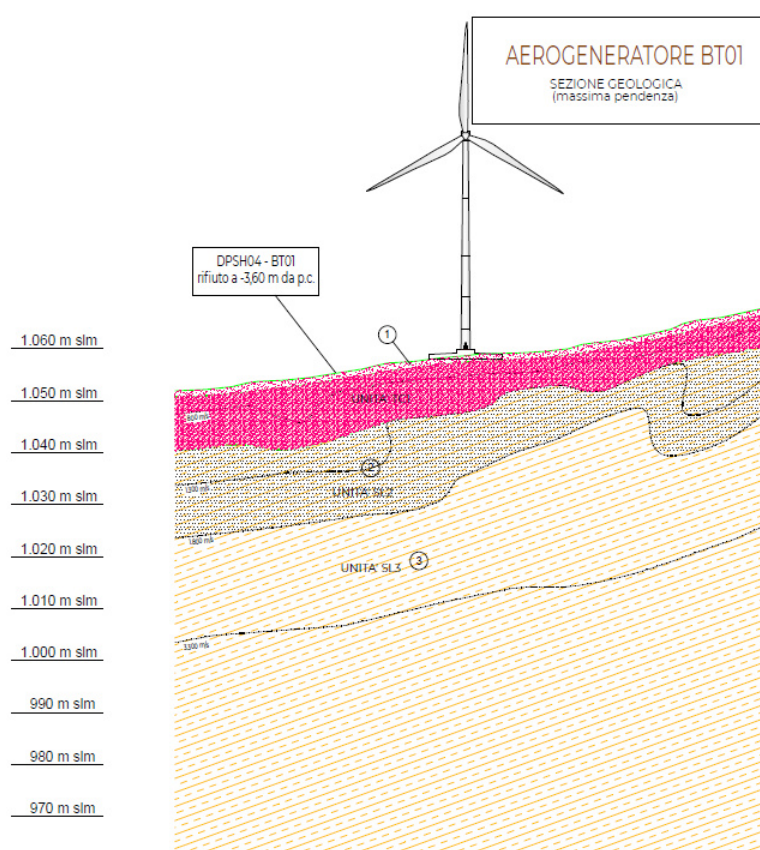


Figura 8.2 – sezione aerogeneratore BT01 – detrito di versante

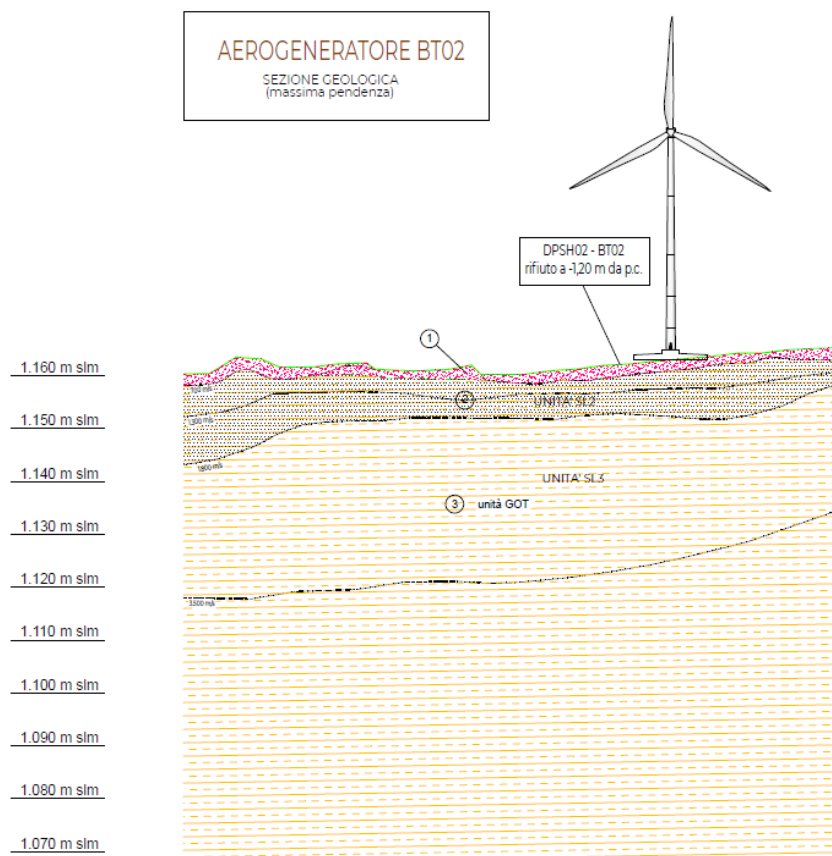


Figura 8.3 – sezione aerogeneratore BT02 Arenarie di Monte Gottero

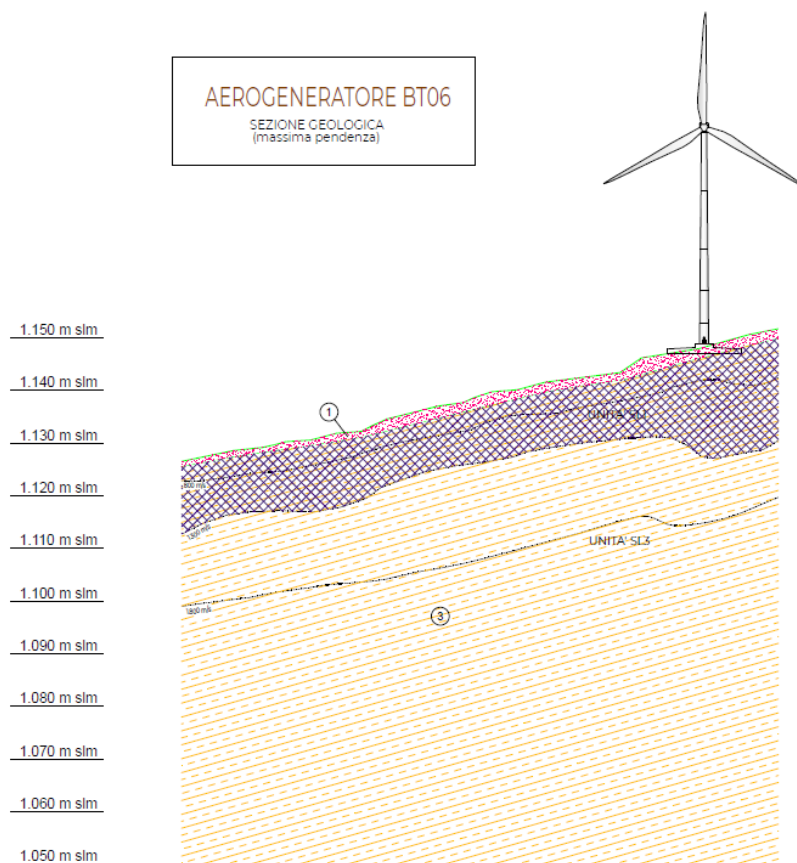


Figura 8.4 – sezione aerogeneratore BT06 Arenarie di Monte Gottero DGPV



8.2 Sottostazione utente

Relativamente alla descrizione dettagliata delle unità litotecniche della zona della sottostazione utente si rimanda alla consultazione dell'elaborato SIA.POR.R.8 (Relazione geotecnica) mentre nel seguito si riportano le tabelle con i valori dei parametri geotecnici ad esse attribuiti.

Sulla base del modello geologico generale del sito sviluppato a seguito delle indagini geognostiche reperite, è stata così definita la seguente sequenza stratigrafica:

- UNITA' LITOTECNICA 1 (dal p.c. a circa -2.00 m): *coltre superficiale costituita prevalentemente da limi argillosi*;
- UNITA' LITOTECNICA 2 (da -2.00 m a max 20 m): *depositi di versante costituiti da ghiaie e matrice limoso-argillosa*;
- UNITA' LITOTECNICA 3: *argilliti compatte di colore variabile da grigio chiaro a grigio scuro*

I parametri medi e i parametri caratteristici ricavati sono illustrati nelle Tabella 8.1, Tabella 8.2:

VALORI MEDI												
	γ		γ_{sat}		c_u		D_r	φ'	E_d		E	
	t/m ³	kN/m ³	t/m ³	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	%	°	kg/cm ²	kPa	kg/cm ²	kPa
UL1*	1.98	19.38	2.13	20.92	0.43	42.34	34.52	25.44	116.90	11463.92	108.58	10648.30
UL2*	2.24	21.94	2.40	23.53			63.93	31.35	324.60	31832.40	311.76	30573.47
UL3*		22.00		21.00		319.64	74.68	44.49				20800.00
*	da prove DPSH											
**	da prove SPT e biblio											

Tabella 8.1 parametri geotecnici medi

VALORI MINIMI												
	γ'		γ'_{sat}		c_u'		D_r'	φ'	E_d'		E'	
	t/m ³	kN/m ³	t/m ³	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	%	°	kg/cm ²	kPa	kg/cm ²	kPa
UL1*	1.88	18.44	1.90	18.63	0.24	29.42	17.29	12.74	93.00	9120.19	74.40	7296.15
UL2*	2.10	20.54	2.17	21.28			50.72	26.60	210.69	20661.64	197.33	19350.98
UL3*		21.00		20.00		100.00		26.00				
*	da prove DPSH											
**	da prove SPT e biblio											

Tabella 8.2 parametri geotecnici minimi



9. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

9.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella 9.1 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 9.1 Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Gli aerogeneratori sono classificabili come tipo di costruzione 2 “Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale”, con vita nominale V_N a 50 anni.

9.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Torri eoliche

La costruzione delle torri eoliche, sulla base delle esperienze pregresse dei soggetti Committenti e dei sottoscritti e dell'effettiva pericolosità ai fini ambientali, rientra nella classe d'uso II.

Sottostazione utente

La costruzione della sottostazione utente, sulla base delle esperienze pregresse dei soggetti Committenti e dei sottoscritti e dell'effettiva pericolosità ai fini ambientali, rientra nella classe d'uso IV.



9.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un *periodo di riferimento* V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U dipende della classe d'uso come definito nel cap. 2 delle NTC del 2018 (Figura 9.1).

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N C_U$ (anni)

	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	Coeff. C_U →	0,70	1,00	1,50	2,00
TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	V_R			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Figura 9.1 Calcolo V_R come da Tabella NTC 2018

Torri eoliche

Sulla base di quanto sopra si evince che, per le opere afferenti gli aerogeneratori, il periodo di riferimento V_R è:

$$V_R = V_N \times C_U = >50 \text{ anni} \times 1,00 = \underline{\underline{>50 \text{ anni}}}$$

Sottostazione utente

Sulla base di quanto sopra si evince che, per la sottostazione utente, il periodo di riferimento V_R è:

$$V_R = V_N \times C_U = >100 \text{ anni} \times 2,00 = \underline{\underline{>200 \text{ anni}}}$$

9.4 Caratterizzazione delle azioni elementari

AZIONE è qualunque causa o insieme di cause che induce stati limite in una struttura.

Si esplica in modo:

- diretto (Forze concentrate, carichi distribuiti)
- indiretto (variazioni di umidità e T, ritiro, cedimenti di vincolo, spostamenti)
- degrado endogeno ed esogeno (rispettivamente, alterazione naturale e agenti esterni)

La risposta strutturale è:

- statica (non provoca accelerazioni significative della struttura o di sue parti)



- pseudostatica (azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente)
- dinamica (provoca accelerazioni significative della struttura o di sue parti).

Variazione della loro intensità nel tempo:

G – permanenti: agiscono durante tutta la vita nominale VN della costruzione in modo costante:

- G1 (peso proprio degli elementi strutturali, del terreno, forze indotte dal terreno, pressione dell'acqua se costante nel tempo);
- G2 (peso proprio di tutti gli elementi non strutturali; spostamenti e deformazioni imposti di previsione progettuale);
- P pretensione e precompressione; ritiro e viscosità; spostamenti differenziali.

Q – variabili: hanno valori istantanei diversi fra loro nel tempo: di lunga durata o di breve durata rispetto alla VN:

- Qk1 azione variabile principale;
- Qk2, Qk3 azioni variabili che possono agire contemporaneamente alla principale.

Le Qkj vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} , ψ_{2j} deducibili dalla tabella 2.5, NTC.

Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (+ vuol dire: combinato con):

1 - Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli **stati limite ultimi (SLU)**:

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

2 - Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli **stati limite di esercizio (SLE) irreversibili**, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili (In zona sismica 4, per costruzioni di tipo 1 e 2, Classe d'uso I e II)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

3- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli **stati limite di esercizio (SLE) reversibili**:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

4 - Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

5 - Combinazione sismica, impiegata per gli **stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E** (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

6 - Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):



$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Ai fini della definizione dei carichi si è fatto riferimento ai seguenti elementi progettuali:

- Il plinto, di diametro 24 m e spessore variabile da 1,50m a 4,00m ha un peso di 35.200 KN;
- I pali pesano, nella loro lunghezza massima, 8475 KN (16 pali);
- Il peso complessivo di pali, plinto e torre è di 50.070 KN.

Si è ricavato il peso unitario alla base del plinto dividendo il carico di 50.070 KN (5105718 kg) per la superficie di base del plinto (452 mq) che è risultato pari a $11.295,84 \text{ Kg/m}^2 = 1,13 \text{ Kg/cm}^2$.

Il carico unitario è stato applicato in ciascuna verifica per una lunghezza di 24m, considerando la sezione in asse torre.



9.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

Categorie di sottosuolo

In questa fase progettuale non è stato possibile procedere all'esecuzione delle prove down-hole in foro, anche se saranno programmate in ogni sito delle torri eoliche per la fase di progettazione esecutiva.

In mancanza di tali studi si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 9.2).

La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni delle opere ed un substrato rigido di riferimento (bedrock), ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

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

Tabella 9.2 - Categorie di sottosuolo

La classificazione è effettuata sulla base del parametro $V_{S_{eq}}$ che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita ai primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata con l'espressione di cui alla Figura 9.2.

Per **velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio** si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità **dal piano di posa della fondazione**, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Figura 9.2 definizione di velocità equivalente



Per la caratterizzazione dei siti sono stati utilizzati i rilievi sismici tomografici a rifrazione con misura delle onde P e S, (cfr. elaborato G-R.2_Relazione sismica”), che hanno fornito i seguenti risultati:

aerogeneratore	BT01	BT02	BT03	BT04	BT05	BT06	BT07
Vs _{eq} (m/s)	537	622	590	523	659	539	576
Categoria di sottosuolo	B	B	B	B	B	B	B
Profondità substrato sismico	11,42	13,30	14,03	20,13	30,00	30,00	25,25

Tabella 9.3 categorie di sottosuolo e profondità del bedrock sismico siti aerogeneratori

	Sottostazione utente
Vs _{eq} (m/s)	359
Categoria di sottosuolo	C
Profondità substrato sismico	70

Tabella 9.4 categorie di sottosuolo e profondità del bedrock sismico sito sottostazione utente

Le indagini sismiche sopra descritte permettono di attribuire preliminarmente, ai siti degli aerogeneratori in progetto, una **Categoria B** corrispondente, secondo quanto dettato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018) a: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*

Le indagini sismiche di cui all’elaborato SIA.POR.R.7 (Relazione sismica) permettono di attribuire al sito della sottostazione utente in progetto, una **Categoria C** corrispondente, secondo quanto dettato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018) a: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*

Condizioni topografiche

Per amplificazione topografica si intendono quei fenomeni di focalizzazione o defocalizzazione delle traiettorie di propagazione delle onde sismiche, che avvengono in configurazioni geomorfologiche con rilievi, creste e avvallamenti.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata in Tabella 9.5.



Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T ₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1.0
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sulla sommità del pendio	1.2
T ₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Sulla cresta del rilievo	1.2
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	Sulla cresta del rilievo	1.4

Tabella 9.5 Categorie topografiche

L'analisi morfologica eseguita sulle sezioni in massima pendenza di ciascun sito aerogeneratore ha fornito il seguente risultato:

aerogeneratore	BT01	BT02	BT03	BT04	BT05	BT06	BT07
Pendenza media	7	5	16	19	14	12	19
Categoria topografica	T1	T1	T2	T1	T1	T1	T2
Coefficiente topografico S_T	1	1	1,2	1,2	1	1	1,2

Tabella 9.6 categorie topografiche e coefficienti topografici siti aerogeneratori

e	Sottostazione utente
Pendenza media	11
Categoria topografica	T1
Coefficiente topografico S_T	1

Tabella 9.7 categorie topografiche e coefficienti topografici sito sottostazione utente

9.6 Determinazione della tensione e verifiche degli SLU e SLE

Le opere strutturali nel loro complesso, devono essere adeguatamente progettate, eseguite e collaudate, oltre ad essere sottoposte a regolari manutenzioni, con livelli di sicurezza conformi a quanto stabilito nella normativa di riferimento.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici del DM 17 gennaio 2018, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di **stati limite ultimi (SLU)**: capacità di garantire le prestazioni della struttura evitando il collasso, la perdita di equilibrio, crolli sia totali che parziali, provocare danni gravi ambientali e sociali, ecc.;
- sicurezza nei confronti di **stati limite di esercizio (SLE)**: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.



Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso; il superamento di uno SLU ha carattere irreversibile (collasso strutturale), mentre per lo SLE può essere sia reversibile che irreversibile.

In particolare gli **stati limite ultimi** si riferiscono a:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce danni strutturali significativi a cui si associa una perdita di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi danni strutturali;

Mentre gli **stati limite di esercizio** si riferiscono a:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non compromettere in modo significativo la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali.

Le *probabilità di superamento* nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella seguente (Figura 9.3).

Stati limiti		P_{VR} nel periodo V_R
Stati limiti di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limiti ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 9.3 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Rd$$

- dove **Ed** è il valore di progetto dell'azione, dipendente da diversi coefficienti parziali che esprimono le azioni, i parametri e la geometria del progetto (DOMANDA).

- **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (CAPACITA').

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (**Approccio 1**) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale



delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)

Il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa.

Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Cd$$

- dove **Ed** è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e
- **Cd** è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

9.7 Valutazione dell'azione sismica

La pericolosità sismica costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. È definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **P_{VR}**, nel periodo di riferimento **V_R**. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della nuova normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **P_{VR}**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag accelerazione orizzontale massima al sito;

F₀ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla normativa, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di **ag**, **F₀** e **T_c*** necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Questi tre parametri sono necessari per la definizione dello spettro di risposta elastico rispetto ad uno specifico periodo di ritorno.

In allegato alla normativa (allegato B alle NTC2018), per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di **ag**, **F₀** e **T_c*** necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

In **Tabella 9.8** si riportano i valori dei parametri sismici di ciascun sito aerogeneratore e in **Tabella 9.9** quelli della sottostazione utente.



AEROGENERATORE	Parametri sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
BT01	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,470	1,460	1,420	1,420
	St	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kh	0,014	0,019	0,068	0,084
	Kv	0,007	0,009	0,034	0,042
	Amax	0,704	0,930	2,380	2,932
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT02	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,470	1,460	1,420	1,420
	St	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kh	0,014	0,019	0,068	0,084
	Kv	0,007	0,009	0,034	0,042
	Amax	0,704	0,930	2,380	2,932
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT03	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,470	1,460	1,420	1,420
	St	1,200	1,200	1,200	1,200
	Kh	0,017	0,023	0,082	0,100
	Kv	0,009	0,011	0,041	0,050
	Amax	0,846	1,116	2,856	3,518
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT04	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,470	1,460	1,420	1,420
	St	1,200	1,200	1,200	1,200
	Kh	0,017	0,023	0,082	0,100
	Kv	0,009	0,011	0,041	0,050
	Amax	0,847	1,116	2,857	3,519
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT05	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,460	1,460	1,420	1,420
	St	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kh	0,014	0,019	0,068	0,084
	Kv	0,007	0,009	0,034	0,042
	Amax	0,707	0,930	2,381	2,932
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT06	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,460	1,460	1,420	1,420
	St	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kh	0,014	0,019	0,068	0,084
	Kv	0,007	0,009	0,034	0,042
	Amax	0,708	0,931	2,382	2,933
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280
BT07	Ss	1,200	1,200	1,200	1,150
	Cc	1,460	1,460	1,420	1,410
	St	1,200	1,200	1,200	1,200
	Kh	0,017	0,023	0,082	0,100
	Kv	0,009	0,011	0,041	0,050
	Amax	0,851	1,117	2,859	3,519
	Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Tabella 9.8 parametri sismici di ciascun sito aerogeneratore



sottostazione utente	Ss	1,500	1,490	1,240	1,200
	Cc	1,640	1,620	1,560	1,550
	St	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kh	0,043	0,053	0,110	0,116
	Kv	0,022	0,026	0,055	0,058
	Amax	1,766	2,151	3,869	4,062
	Beta	0,240	0,240	0,280	0,280

Tabella 9.9 parametri sismici sottostazione utente



9.8 Condizioni e metodi di verifica

Stabilità dei pendii naturali

Lo studio della stabilità dei pendii naturali richiede osservazioni e rilievi di superficie, raccolta di notizie storiche sull'evoluzione dello stato del pendio e su eventuali danni subiti dalle strutture o infrastrutture esistenti, la constatazione di movimenti eventualmente in atto e dei loro caratteri geometrici e cinematici, la raccolta dei dati sulle precipitazioni meteoriche, sui caratteri idrogeologici della zona e sui precedenti interventi di consolidamento. Le verifiche di sicurezza, anche in relazione alle opere da eseguire, devono essere basate su dati acquisiti con specifiche indagini geotecniche.

Modellazione geologica del pendio

Lo studio geologico deve precisare l'origine e la natura dei terreni e delle rocce, il loro assetto stratigrafico e tettonico-strutturale, i caratteri ed i fenomeni geomorfologici e la loro prevedibile evoluzione nel tempo, lo schema della circolazione idrica nel sottosuolo.

Le tecniche di studio, i rilievi e le indagini sono commisurati all'estensione dell'area, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera.

Modellazione geotecnica del pendio

Sulla base dell'inquadramento geomorfologico ed evolutivo del versante, devono essere programmate specifiche indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce, finalizzate alla definizione del modello geotecnico sulla base del quale effettuare lo studio delle condizioni di stabilità, nonché al progetto di eventuali interventi di stabilizzazione.

Le indagini devono effettuarsi secondo i seguenti criteri:

- la superficie del pendio deve essere definita attraverso un rilievo plano-altimetrico in scala adeguata ed esteso ad una zona sufficientemente ampia a monte e valle del pendio stesso;
- lo studio geotecnico deve definire la successione stratigrafica e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce, l'entità e la distribuzione delle pressioni interstiziali nel terreno e nelle discontinuità, degli eventuali spostamenti plano-altimetrici di punti in superficie e in profondità.

Verifiche di sicurezza

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto di forma e posizione della superficie di scorrimento, dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.

Nel caso di pendii in frana le verifiche di sicurezza devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini. Negli altri casi, la verifica di sicurezza deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso. Quando sussistano condizioni tali da non consentire una agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

Il livello di sicurezza è espresso, in generale, come rapporto tra resistenza al taglio disponibile, presa con il suo valore caratteristico, e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale.



$$Fs = s/m$$

s = resistenza al taglio disponibile valutata con M1 (NTC);

m = forza di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale) sotto l'azione dei carichi.

Il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana.

Nella verifica dei versanti si assume (EC7):

Approccio 1: - Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 = 1,1

Le NTC e le Istruzioni suggeriscono invece, come detto, solo l'uso dei parametri caratteristici per pendii naturali. La proposta appare contorta e contraddittoria rispetto a tutte le verifiche globali di stabilità postulate dalle stesse NTC e alle verifiche di stabilità dei fronti di scavo.

Inoltre, in palese contrasto con EC7 e con gli stessi principi di NTC, non viene definito alcun Approccio progettuale.

Infatti, i principi di NTC circa le verifiche di sicurezza richiedono che per ogni stato limite ultimo debba essere rispettata la condizione:

Ed Rd (6.2.1)

La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse **combinazioni di gruppi di coefficienti parziali**, rispettivamente definiti:

- per le **azioni (A1 e A2)**
- per i **parametri geotecnici (M1 e M2)**
- per le **resistenze (R1, R2 e R3).**

Poiché il volume significativo in una frana è notevole, secondo le Istruzioni del CSLP i parametri caratteristici sono circa uguali ai parametri medi, ossia quelli che sono sempre stati utilizzati in passato.

Alla luce dell'EC7 è più opportuno utilizzare l'approccio statistico (v. Il Parte: Applicazioni pratiche) che è più affidabile ed a prova di contestazione da parte degli organi di controllo.

Cenni teorici

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo

sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (T) e confrontate con la resistenza disponibile (T_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = T_f / T$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

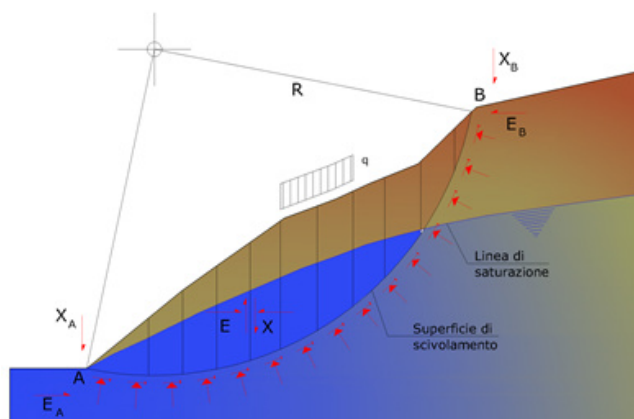


Figura 9.4 – Suddivisione in conci

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a:

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

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.

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

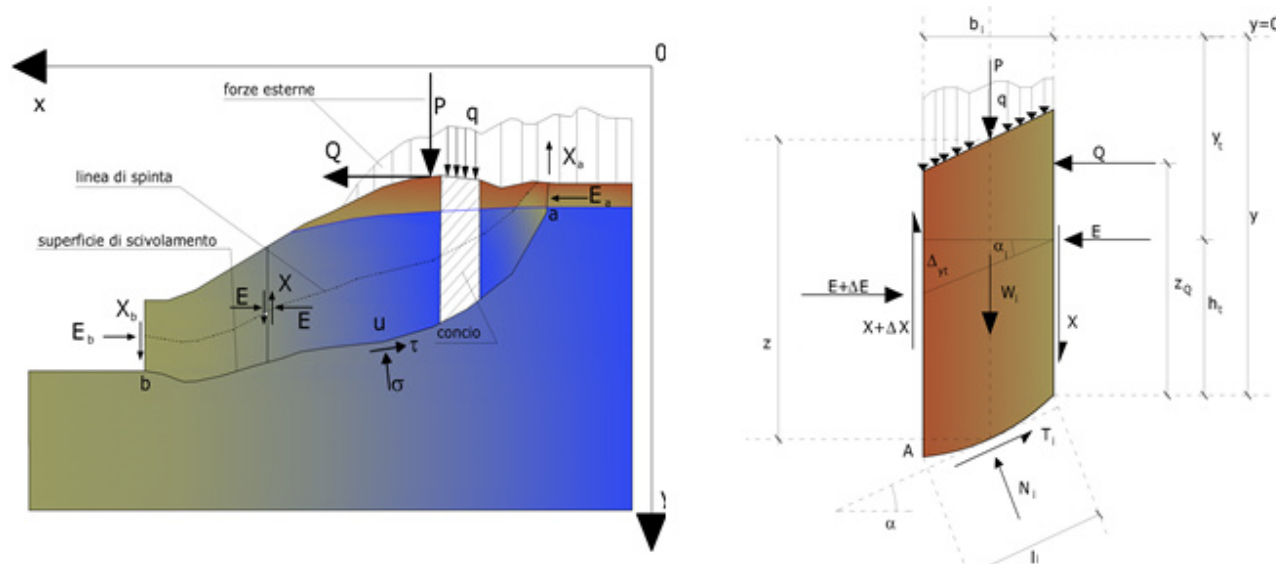


Figura 9.5 – Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

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

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

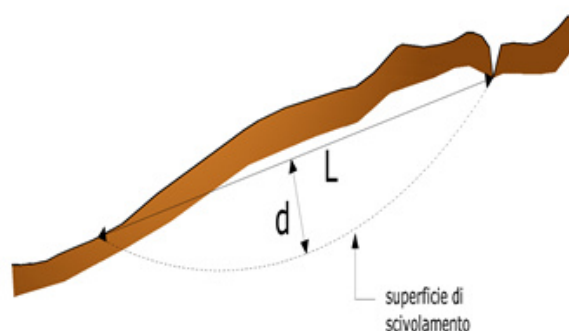
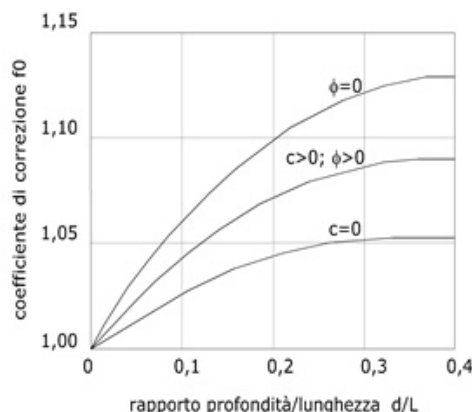


Figura 9.6 – Correzione di F_s proposta da Jambu

Risultati delle verifiche

Le verifiche di stabilità globale del versante sono state eseguite in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione utente.

Sono stati utilizzati i seguenti dati ed informazioni:

PROFILO VERSANTE: è stato ricostruito dai rilievi topografici eseguiti per la progettazione definitiva e comprende anche le aree di sterro e riporto previste per la formazione delle piazzole di esercizio;

PARAMETRI GEOTECNICI: sono stati utilizzati i parametri geotecnici riportati al capitolo 8 e precisamente i parametri dell'unità TC1 dei **terreni di copertura** e delle unità SL1, SL2 e SL3 per quanto riguarda il **substrato lapideo**; per quanto riguarda le piazzole, che saranno realizzate con terre armate utilizzando il materiale di risulta degli scavi, si è considerato cautelativamente un contributo di resistenza di tipo attritivo (angolo 31°), trascurando completamente il contributo della coesione;

FALDA: pochissime sono le informazioni relative alla falda; non ci sono sorgenti nelle immediate vicinanze e a monte dei siti aerogeneratori, ma per cautela le verifiche sono state eseguite ipotizzando la falda al contatto fra substrato e coltre superficiale;

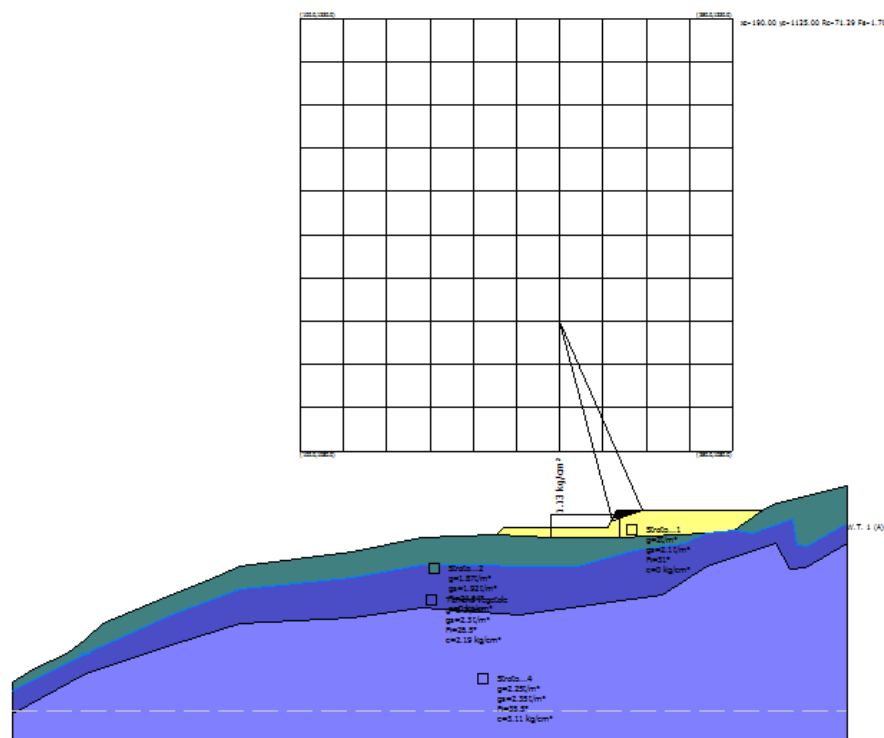
CARICHI: è stato implementato un carico unitario calcolato sommando il peso della torre, il peso della fondazione e il peso dei pali e suddiviso per l'area del plinto;

CONSOLIDAMENTI: cautelativamente non è stato considerato il contributo resistente fornito dai pali di fondazione.



9.8.3.1 AEROGENERATORE BT01

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 181

SF Min, SF Max: 1.70, 44.28

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
190	1125	71.28	1.6957

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.70 - 8.96

☐ 8.96 - 16.22

☐ 16.22 - 23.49

☐ 23.49 - 30.75

☐ 30.75 - 38.02

☐ 38.02 - 45.28

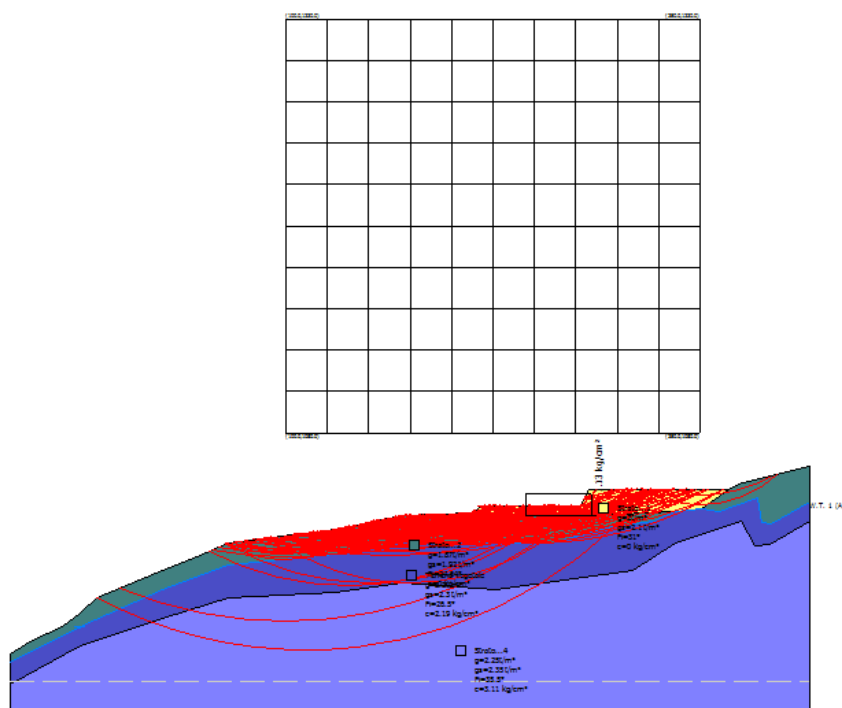
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 181

SF Min, SF Max: 1.70, 44.28

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
190	1125	71.28	1.6957

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.70 - 8.96

☐ 8.96 - 16.22

☐ 16.22 - 23.49

☐ 23.49 - 30.75

☐ 30.75 - 38.02

☐ 38.02 - 45.28

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	186.86	1050	210.86	1050	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.7
Ascissa centro superficie	190.0 m
Ordinata centro superficie	1125.0 m
Raggio superficie	71.29 m

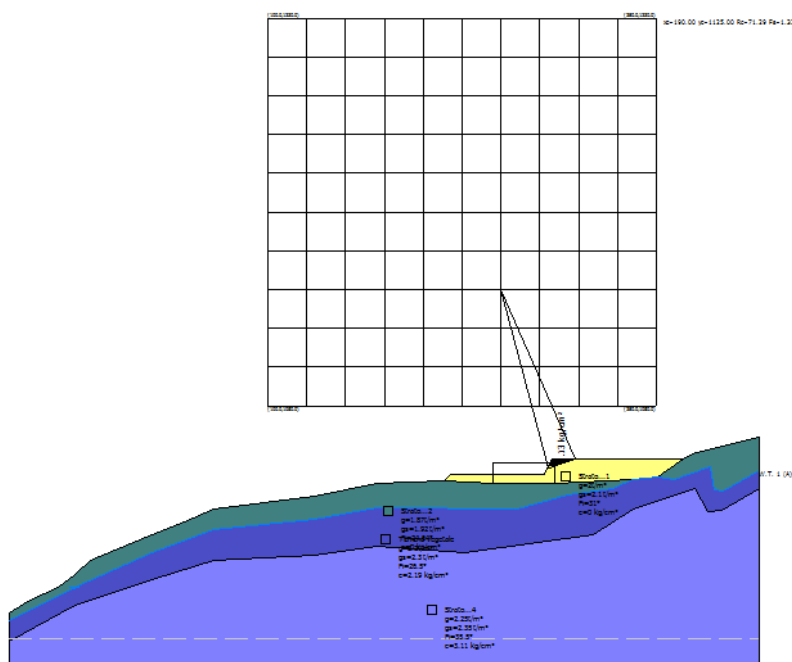
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 190.00 yc = 1125.00 Rc = 71.286 Fs=1.696

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.35	14.8	0.36	3016.24	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	2884.2	922.1
2	0.35	15.2	0.36	4563.54	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	4362.7	1397.0
3	0.35	15.5	0.36	4979.33	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	4759.4	1526.2
4	0.35	15.8	0.36	5393.61	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	5154.7	1655.4
5	0.44	16.0	0.46	7358.42	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	7031.7	2261.3
6	0.26	16.3	0.27	4533.82	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	4332.2	1395.1
7	0.35	16.7	0.36	6029.1	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	5760.5	1858.3
8	0.35	17.0	0.36	5151.93	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	4922.2	1590.5
9	0.35	17.3	0.36	1944.21	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1857.5	601.2
10	0.35	17.4	0.37	1868.25	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1785.0	578.3
11	0.35	17.9	0.37	1790.92	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1711.2	555.6
12	0.35	18.0	0.37	1712.16	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1636.0	531.7
13	0.35	18.5	0.37	1632.19	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1559.8	508.3
14	0.35	18.6	0.37	1550.79	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1482.1	483.4
15	0.35	18.9	0.37	1467.94	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1403.2	458.5
16	0.35	19.4	0.37	1383.64	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1322.9	433.4
17	0.35	19.6	0.37	1297.98	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1241.2	407.1
18	0.35	19.9	0.37	1210.88	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1158.2	380.6
19	0.35	20.2	0.37	1122.36	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	1073.8	353.6
20	0.35	20.5	0.37	1032.5	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	988.1	325.9
21	0.35	20.8	0.37	941.06	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	900.9	297.8
22	0.35	21.1	0.37	848.25	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	812.3	269.0
23	0.35	21.4	0.37	753.92	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	722.3	239.8
24	0.35	21.6	0.37	658.13	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	630.6	209.6
25	0.35	22.0	0.38	560.91	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	537.8	179.3
26	0.35	22.3	0.38	462.15	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	443.3	148.1
27	0.35	22.5	0.38	361.93	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	347.3	116.2
28	0.35	23.0	0.38	260.21	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	249.9	83.9
29	0.35	23.3	0.38	156.94	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	150.8	50.7
30	0.35	23.3	0.38	52.14	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	50.1	16.9



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 182

SF Min, SF Max: 1.32, 9.32

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
190	1125	71.28	1.3206

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.32 - 2.82 ☐ 2.82 - 4.32

☐ 4.32 - 5.82 ☐ 5.82 - 7.32

☐ 7.32 - 8.82 ☐ 8.82 - 10.32

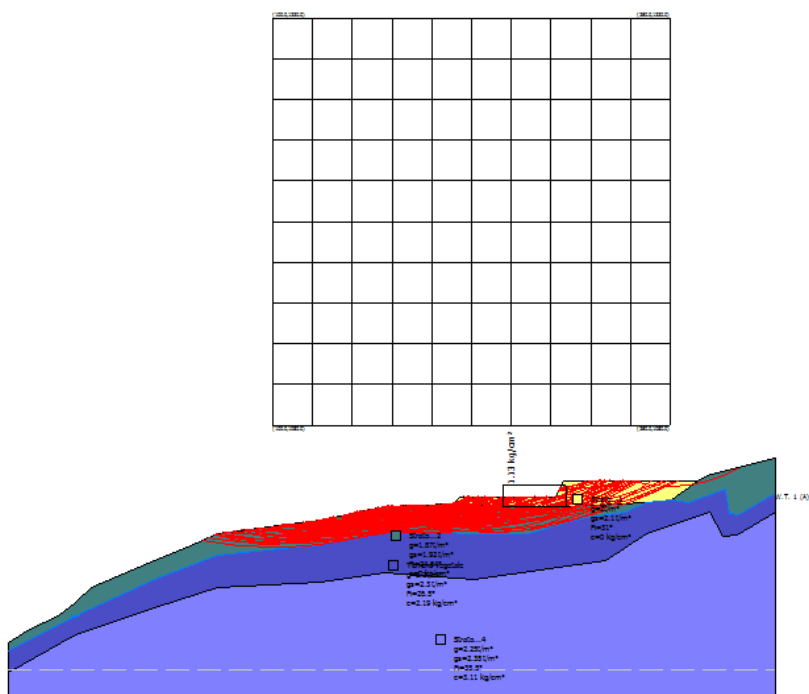
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 182

SF Min, SF Max: 1.32, 9.32

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
190	1125	71.28	1.3206

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.32 - 2.82 ☐ 2.82 - 4.32

☐ 4.32 - 5.82 ☐ 5.82 - 7.32

☐ 7.32 - 8.82 ☐ 8.82 - 10.32

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.43	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.708	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.924	0.2	0.0188	0.0094
S.L.V.	2.376	0.28	0.0678	0.0339
S.L.C.	2.9334	0.28	0.0838	0.0419

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0678
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0339

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

=====

Fs minimo individuato 1.32
 Ascissa centro superficie 190.0 m
 Ordinata centro superficie 1125.0 m
 Raggio superficie 71.29 m

=====

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 190.00 yc = 1125.00 Rc = 71.286 Fs=1.321

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.35	14.8	0.36	3016.24	204.5	102.25	0.0	25.7	0.0	2823.4	1159.6
2	0.35	15.2	0.36	4563.54	309.41	154.7	0.0	25.7	0.0	4268.8	1756.0
3	0.35	15.5	0.36	4979.33	337.6	168.8	0.0	25.7	0.0	4655.0	1917.6
4	0.35	15.8	0.36	5393.61	365.69	182.84	0.0	25.7	0.0	5039.5	2079.0
5	0.44	16.0	0.46	7358.42	498.9	249.45	0.0	25.7	0.0	6872.0	2838.9
6	0.26	16.3	0.27	4533.82	307.39	153.7	0.0	25.7	0.0	4232.2	1750.8
7	0.35	16.7	0.36	6029.1	408.77	204.39	0.0	25.7	0.0	5625.0	2331.0
8	0.35	17.0	0.36	5151.93	349.3	174.65	0.0	25.7	0.0	4804.4	1994.2
9	0.35	17.3	0.36	1944.21	131.82	65.91	0.0	25.7	0.0	1812.3	753.5



10	0.35	17.4	0.37	1868.25	126.67	63.33	0.0	25.7	0.0	1741.1	724.6
11	0.35	17.9	0.37	1790.92	121.42	60.71	0.0	25.7	0.0	1668.2	695.8
12	0.35	18.0	0.37	1712.16	116.08	58.04	0.0	25.7	0.0	1594.5	665.7
13	0.35	18.5	0.37	1632.19	110.66	55.33	0.0	25.7	0.0	1519.3	636.0
14	0.35	18.6	0.37	1550.79	105.14	52.57	0.0	25.7	0.0	1443.3	604.8
15	0.35	18.9	0.37	1467.94	99.53	49.76	0.0	25.7	0.0	1365.9	573.3
16	0.35	19.4	0.37	1383.64	93.81	46.91	0.0	25.7	0.0	1287.0	541.6
17	0.35	19.6	0.37	1297.98	88.0	44.0	0.0	25.7	0.0	1207.2	508.6
18	0.35	19.9	0.37	1210.88	82.1	41.05	0.0	25.7	0.0	1126.0	475.3
19	0.35	20.2	0.37	1122.36	76.1	38.05	0.0	25.7	0.0	1043.5	441.4
20	0.35	20.5	0.37	1032.5	70.0	35.0	0.0	25.7	0.0	959.8	406.7
21	0.35	20.8	0.37	941.06	63.8	31.9	0.0	25.7	0.0	874.7	371.5
22	0.35	21.1	0.37	848.25	57.51	28.76	0.0	25.7	0.0	788.4	335.5
23	0.35	21.4	0.37	753.92	51.12	25.56	0.0	25.7	0.0	700.7	298.8
24	0.35	21.6	0.37	658.13	44.62	22.31	0.0	25.7	0.0	611.7	261.1
25	0.35	22.0	0.38	560.91	38.03	19.01	0.0	25.7	0.0	521.3	223.3
26	0.35	22.3	0.38	462.15	31.33	15.67	0.0	25.7	0.0	429.6	184.4
27	0.35	22.5	0.38	361.93	24.54	12.27	0.0	25.7	0.0	336.4	144.6
28	0.35	23.0	0.38	260.21	17.64	8.82	0.0	25.7	0.0	241.9	104.3
29	0.35	23.3	0.38	156.94	10.64	5.32	0.0	25.7	0.0	145.9	63.1
30	0.35	23.3	0.38	52.14	3.54	1.77	0.0	25.7	0.0	48.5	21.0



9.8.3.2 AEROGENERATORE BT02

Per quanto concerne l'aerogeneratore BT02, che ha subito uno spostamento plano-altimetrico in ottemperanza alla richiesta di SNAM per non interferire con la servitù del metanodotto, si è proceduto ad una verifica dei profili topografici relativi alla situazione originaria riportata nel progetto definitivo e la situazione di variante.

In *Figura 9.7* sono rappresentati i profili topografici del terreno sovrapposti ai profili di progetto nella configurazione originaria del progetto definitivo e nella configurazione di variante del progetto definitivo.

Il confronto fra le due situazioni evidenzia come la situazione di variante sia decisamente migliorativa in considerazione dei seguenti elementi:

- Minor acclività del versante in cui è ubicato l'aerogeneratore;
- Minori carichi derivanti da riporti di materiale per la formazione della piazzola estremamente più bassi.

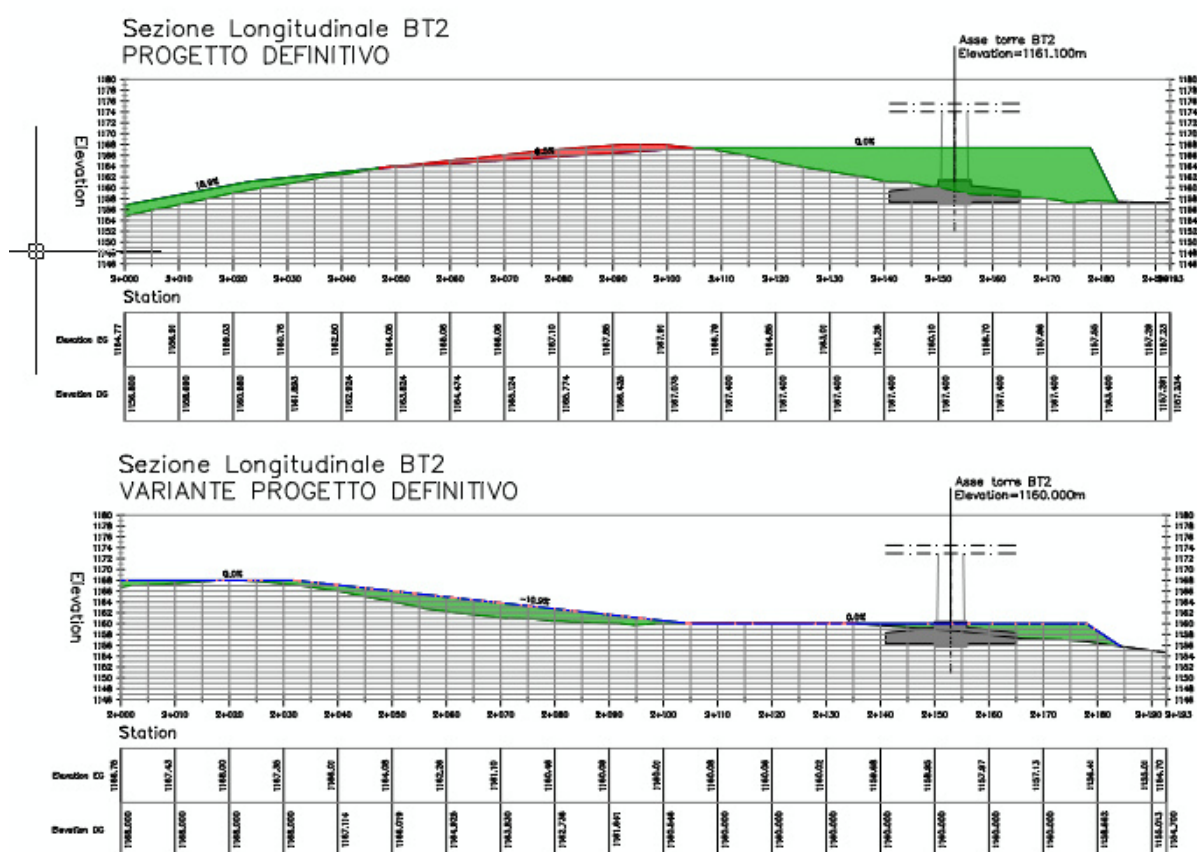


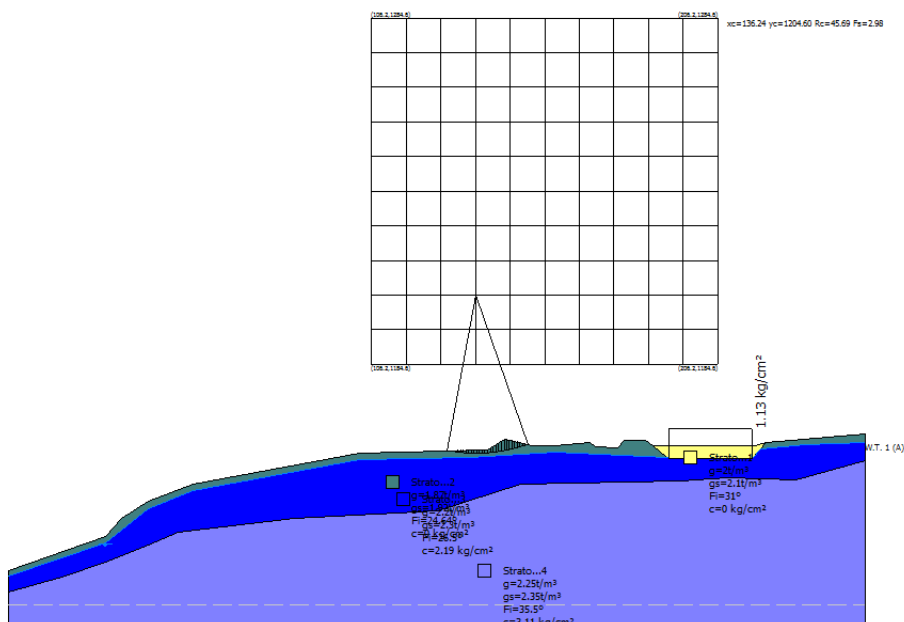
Figura 9.7 – Confronto fra i profili topografici di progetto definitivo e progetto definitivo di variante

Sulla base di quanto esposto si può asserire che il progetto di variante è decisamente migliorativo dal punto di vista geotecnico in relazione alla stabilità globale del versante.

In ragione di ciò, a scopo cautelativo, si mantiene la verifica di stabilità già illustrata per il progetto definitivo.



Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 2.98 320.02

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
136.2	1204.	45.69	2.9777

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 2.98 - 55.99

☐ 55.99 - 108.99

☐ 108.99 - 162.00

☐ 162.00 - 215.01

☐ 215.01 - 268.02

☐ 268.02 - 321.02

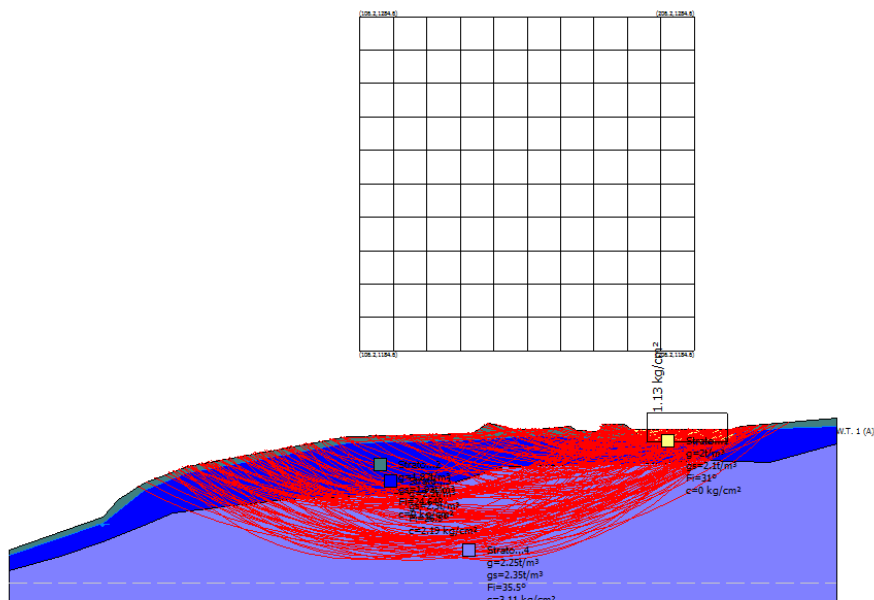
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 2.98 320.02

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
136.2	1204.	45.69	2.9777

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 2.98 - 55.99

☐ 55.99 - 108.99

☐ 108.99 - 162.00

☐ 162.00 - 215.01

☐ 215.01 - 268.02

☐ 268.02 - 321.02

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	192.22	1157.40	216.22	1157.292	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 2.98

Ascissa centro superficie 136.24 m

Ordinata centro superficie 1204.6 m

Raggio superficie 45.69 m

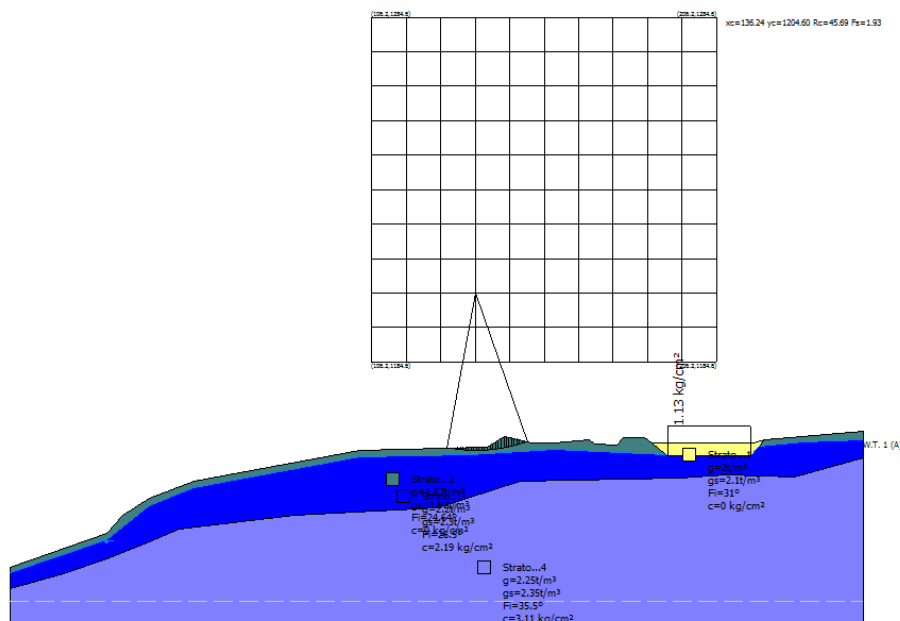
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione

xc = 136.237 yc = 1204.597 Rc = 45.693 Fs=2.978

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.78	-9.7	0.79	112.97	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	117.3	16.0
2	0.78	-8.9	0.79	327.9	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	339.0	46.1
3	0.78	-7.9	0.79	523.11	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	538.1	73.0
4	0.78	-6.9	0.78	698.25	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	714.9	96.8
5	0.78	-5.8	0.78	853.5	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	869.9	117.5
6	0.78	-4.9	0.78	989.38	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1004.7	135.5
7	0.78	-3.9	0.78	1105.9	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1118.8	150.7
8	0.78	-3.0	0.78	1202.71	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1213.0	163.2
9	0.78	-1.9	0.78	1280.33	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1286.8	173.0
10	0.78	-1.0	0.78	1338.42	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1341.8	180.4
11	0.78	-0.1	0.78	1377.49	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1377.8	185.2
12	0.78	1.0	0.78	1397.21	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1394.1	187.4
13	0.78	1.9	0.78	1397.57	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1392.1	187.2
14	0.78	2.8	0.78	1378.74	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1371.3	184.5
15	0.79	3.9	0.8	1367.19	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1357.8	182.9
16	0.76	4.8	0.76	1575.67	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1563.5	210.9
17	0.78	5.8	0.78	2192.98	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	2174.5	293.8
18	0.78	6.8	0.78	2763.69	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	2739.4	370.7
19	0.78	7.8	0.79	3314.51	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	3285.0	445.6
20	0.78	8.8	0.79	3845.79	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	3812.3	518.5
21	1.14	10.0	1.16	6542.67	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	6490.0	885.8
22	0.42	10.9	0.43	2525.23	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	2506.9	343.1
23	0.78	11.8	0.79	4325.38	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	4297.9	590.0
24	0.78	12.8	0.8	3817.73	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	3799.0	523.5
25	0.78	13.7	0.8	3289.29	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	3278.4	453.6
26	0.78	14.8	0.8	2739.71	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	2736.3	380.3
27	0.78	15.7	0.81	2169.0	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	2171.1	303.1
28	0.78	16.9	0.81	1576.44	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	1582.7	222.3
29	0.78	17.8	0.82	961.85	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	968.5	136.7
30	0.78	18.8	0.82	325.23	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	328.5	46.6



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 1.93, 33.05

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
136.2	1204.60	45.69	1.9253

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.93 - 7.28 ☐ 7.28 - 12.63

☐ 12.63 - 17.99 ☐ 17.99 - 23.34

☐ 23.34 - 28.70 ☐ 28.70 - 34.05

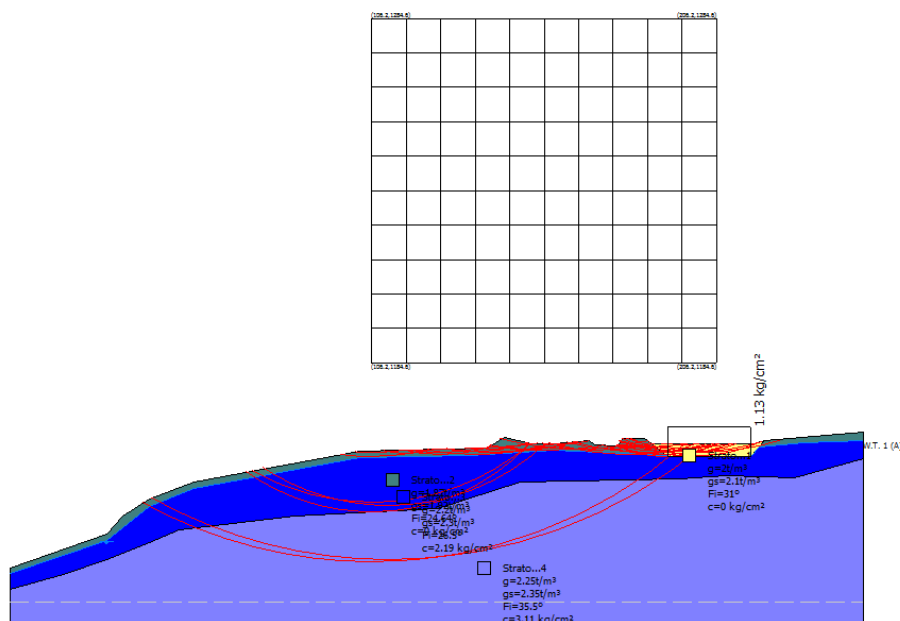
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 1.93, 33.05

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
136.2	1204.60	45.69	1.9253

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.93 - 7.28 ☐ 7.28 - 12.63

☐ 12.63 - 17.99 ☐ 17.99 - 23.34

☐ 23.34 - 28.70 ☐ 28.70 - 34.05

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.43	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.708	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.924	0.2	0.0188	0.0094
S.L.V.	2.376	0.28	0.0678	0.0339
S.L.C.	2.9334	0.28	0.0838	0.0419

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0678
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0339

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

=====

Fs minimo individuato	1.93
Ascissa centro superficie	136.24 m
Ordinata centro superficie	1204.6 m
Raggio superficie	45.69 m

=====

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione

xc = 136.237 yc = 1204.597 Rc = 45.693 Fs=1.925

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.78	-9.7	0.79	112.97	7.66	3.83	0.0	20.2	0.0	118.8	25.1
2	0.78	-8.9	0.79	327.9	22.23	11.12	0.0	20.2	0.0	343.1	72.2
3	0.78	-7.9	0.79	523.11	35.47	17.73	0.0	20.2	0.0	543.7	114.1
4	0.78	-6.9	0.78	698.25	47.34	23.67	0.0	20.2	0.0	721.4	151.1
5	0.78	-5.8	0.78	853.5	57.87	28.93	0.0	20.2	0.0	876.6	183.2
6	0.78	-4.9	0.78	989.38	67.08	33.54	0.0	20.2	0.0	1011.2	211.0
7	0.78	-3.9	0.78	1105.9	74.98	37.49	0.0	20.2	0.0	1124.6	234.4
8	0.78	-3.0	0.78	1202.71	81.54	40.77	0.0	20.2	0.0	1217.8	253.5
9	0.78	-1.9	0.78	1280.33	86.81	43.4	0.0	20.2	0.0	1290.0	268.3
10	0.78	-1.0	0.78	1338.42	90.74	45.37	0.0	20.2	0.0	1343.5	279.4
11	0.78	-0.1	0.78	1377.49	93.39	46.7	0.0	20.2	0.0	1378.0	286.5
12	0.78	1.0	0.78	1397.21	94.73	47.37	0.0	20.2	0.0	1392.3	289.5
13	0.78	1.9	0.78	1397.57	94.75	47.38	0.0	20.2	0.0	1388.7	288.9
14	0.78	2.8	0.78	1378.74	93.48	46.74	0.0	20.2	0.0	1366.4	284.4
15	0.79	3.9	0.8	1367.19	92.7	46.35	0.0	20.2	0.0	1351.1	281.6
16	0.76	4.8	0.76	1575.67	106.83	53.42	0.0	20.2	0.0	1553.9	324.2
17	0.78	5.8	0.78	2192.98	148.68	74.34	0.0	20.2	0.0	2158.5	451.1

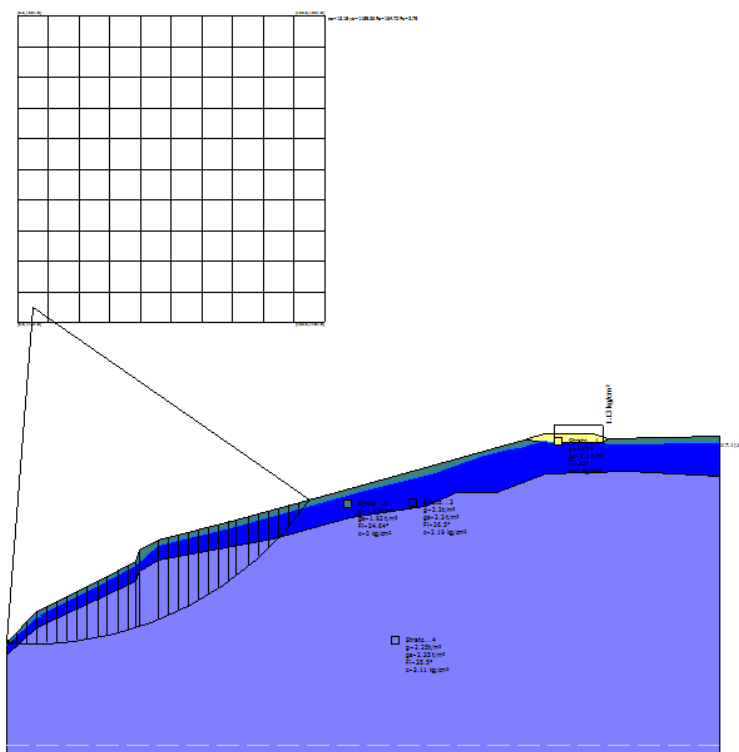


18	0.78	6.8	0.78	2763.69	187.38	93.69	0.0	20.2	0.0	2716.1	568.6
19	0.78	7.8	0.79	3314.51	224.72	112.36	0.0	20.2	0.0	3252.9	682.6
20	0.78	8.8	0.79	3845.79	260.74	130.37	0.0	20.2	0.0	3770.3	793.2
21	1.14	10.0	1.16	6542.67	443.59	221.8	0.0	20.2	0.0	6408.5	1353.1
22	0.42	10.9	0.43	2525.23	171.21	85.61	0.0	20.2	0.0	2472.6	523.6
23	0.78	11.8	0.79	4325.38	293.26	146.63	0.0	20.2	0.0	4234.8	899.3
24	0.78	12.8	0.8	3817.73	258.84	129.42	0.0	20.2	0.0	3738.4	797.0
25	0.78	13.7	0.8	3289.29	223.01	111.51	0.0	20.2	0.0	3222.4	689.7
26	0.78	14.8	0.8	2739.71	185.75	92.88	0.0	20.2	0.0	2686.1	577.5
27	0.78	15.7	0.81	2169.0	147.06	73.53	0.0	20.2	0.0	2128.7	459.7
28	0.78	16.9	0.81	1576.44	106.88	53.44	0.0	20.2	0.0	1549.6	336.6
29	0.78	17.8	0.82	961.85	65.21	32.61	0.0	20.2	0.0	947.0	206.8
30	0.78	18.8	0.82	325.23	22.05	11.03	0.0	20.2	0.0	320.8	70.4



9.8.3.3 AEROGENERATORE BT03

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
13.14	1189.	164.7	2.7873

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 2.79 - 3.10 ☐ 3.10 - 3.40

☐ 3.40 - 3.71 ☐ 3.71 - 4.02

☐ 4.02 - 4.33 ☐ 4.33 - 4.64

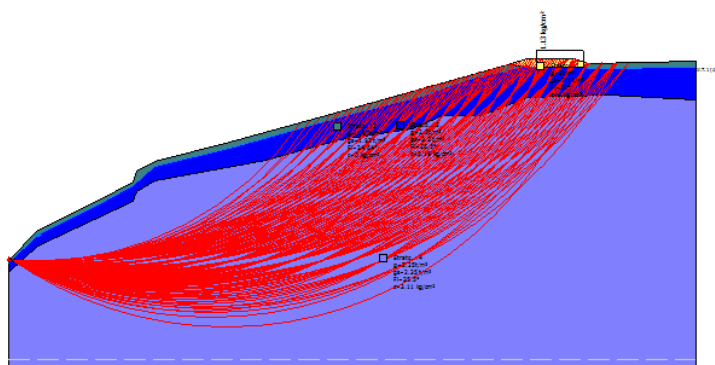
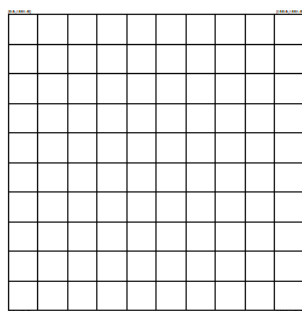
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
13.14	1189.	164.7	2.7873

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 2.79 - 3.10 ☐ 3.10 - 3.40

☐ 3.40 - 3.71 ☐ 3.71 - 4.02

☐ 4.02 - 4.33 ☐ 4.33 - 4.64

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	267.68	1123.2	291.68	1123.2	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.79
Ascissa centro superficie	13.15 m
Ordinata centro superficie	1189.26 m
Raggio superficie	164.7 m

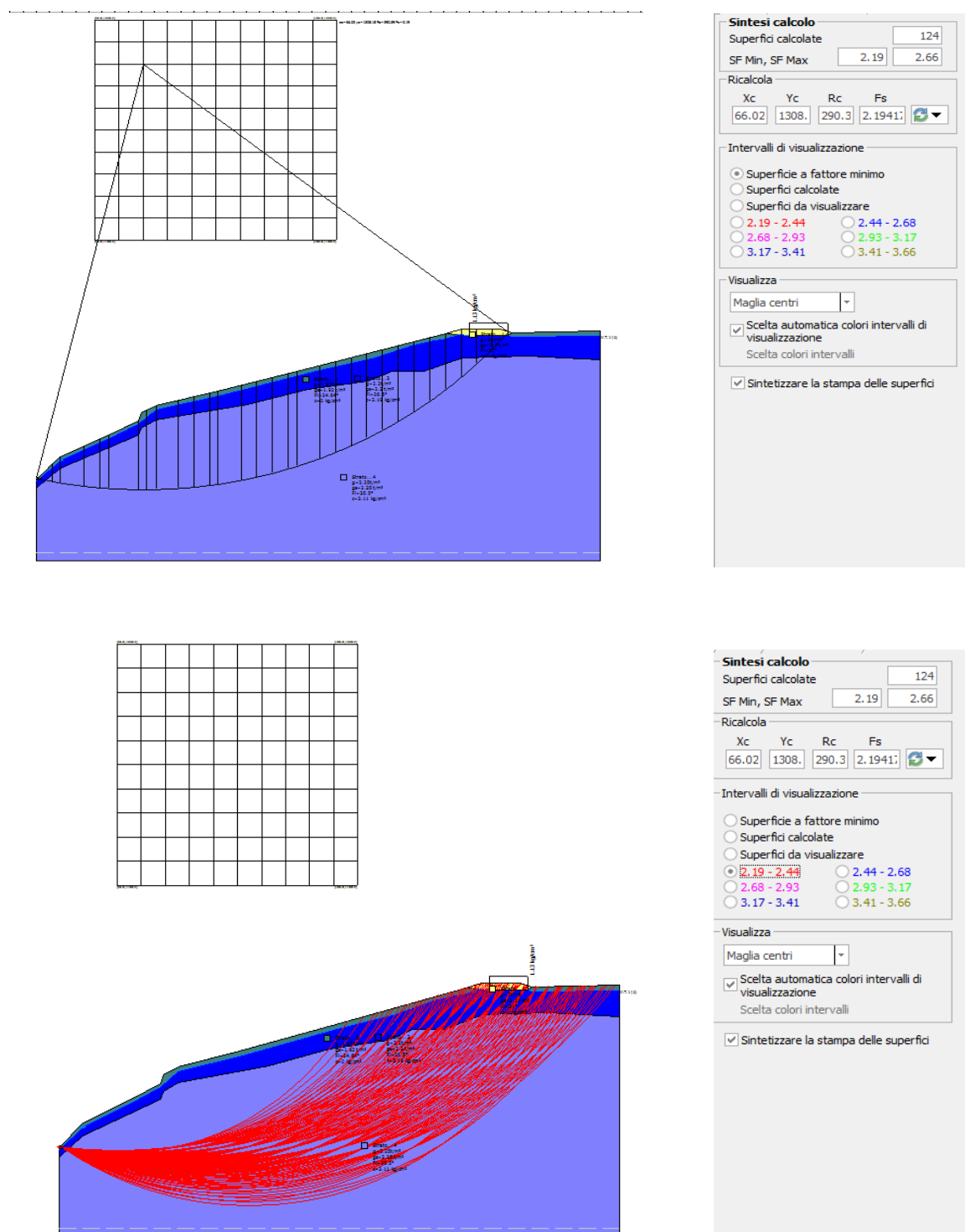
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione

$$xc = 13.145 \quad yc = 1189.261 \quad Rc = 164.701 \quad Fs=2.787$$

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4.93	-3.7	4.94	27393.63	0.0	0.0	1.75	21.7	7195.8	22654.5	37509.2
2	4.93	-2.0	4.94	85381.48	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	87766.2	67703.0
3	5.12	-0.2	5.12	149186.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	149507.0	83274.8
4	4.74	1.5	4.74	178909.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	176735.2	85695.6
5	4.93	3.2	4.94	212261.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	207344.0	94557.7
6	4.93	4.9	4.95	237253.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	229592.3	99848.1
7	4.93	6.6	4.97	260512.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	250162.1	104922.9
8	4.93	8.4	4.99	282022.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	269085.8	109808.9
9	5.08	10.1	5.16	311139.3	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	295312.0	118049.2
10	4.78	11.9	4.89	310902.6	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	293896.8	115711.3
11	4.93	13.6	5.08	337724.6	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	318308.8	123985.5
12	4.93	15.4	5.12	353442.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	332448.1	128662.9
13	4.06	17.0	4.24	301205.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	283009.4	109307.0
14	1.69	18.0	1.78	135112.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	127195.9	48120.8
15	8.99	20.0	9.57	784128.1	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	740358.1	275176.7
16	4.99	22.6	5.4	443385.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	419395.1	158476.6
17	4.93	24.5	5.42	428186.6	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	405262.9	157497.5
18	4.93	26.4	5.51	415572.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	393704.8	158060.6
19	4.93	28.4	5.61	400569.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	379932.4	158434.9
20	4.93	30.3	5.71	383049.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	363703.1	158555.4
21	4.93	32.3	5.84	362867.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	344733.1	158379.5
22	4.93	34.4	5.98	339845.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	322662.0	157845.1
23	3.57	36.2	4.42	229872.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	217732.3	113633.0
24	6.3	38.4	8.03	369158.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	347500.3	198667.3
25	4.93	40.9	6.53	253146.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	234499.5	153336.6
26	4.93	43.2	6.77	217175.3	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	195124.9	150187.9
27	4.93	45.6	7.05	176770.2	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	148642.7	145610.4
28	4.93	48.1	7.39	131942.9	0.0	0.0	1.75	21.7	45877.3	61673.8	90326.5
29	4.93	50.8	7.8	81945.5	0.0	0.0	1.75	21.7	24220.7	21638.3	89892.0
30	4.93	53.6	8.31	25420.03	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	35832.7	8664.7



Verifica in condizioni sismiche





Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

B

Categoria topografica:

T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.43	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8496	0.2	0.0173	0.0087
S.L.D.	1.1088	0.2	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.8512	0.28	0.0814	0.0407
S.L.C.	3.5201	0.28	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.0814

Coefficiente azione sismica verticale

0.0407

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato

2.19

Ascissa centro superficie

66.03 m

Ordinata centro superficie

1308.18 m

Raggio superficie

290.39 m

xc = 66.025 yc = 1308.182 Rc = 290.394 Fs=2.194

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	9.72	-12.1	9.94	126724.8	10315.4	5157.7	1.75	21.7	44531.0	107167.3	110262.2
2	5.03	-10.6	5.12	168464.7	13713.02	6856.51	2.49	29.7	0.0	193550.2	120302.5
3	14.4	-8.7	14.57	745130.3	60653.61	30326.8	2.49	29.7	0.0	816529.7	416606.3
4	9.72	-6.3	9.78	678630.7	55240.54	27620.27	2.49	29.7	0.0	718370.7	326671.5
5	5.44	-4.8	5.46	438343.7	35681.18	17840.59	2.49	29.7	0.0	456279.1	197635.7
6	18.71	-2.4	18.73	1820106.0	148156.7	74078.33	2.49	29.7	0.0	1853126.0	758009.3
7	5.0	0.0	5.0	605685.9	49302.83	24651.41	2.49	29.7	0.0	605840.0	233760.9
8	5.68	1.0	5.68	732231.6	59603.65	29801.82	2.49	29.7	0.0	727429.9	276730.0
9	13.75	2.9	13.77	1874988.0	152624.0	76311.99	2.49	29.7	0.0	1841906.0	693766.8
10	9.72	5.3	9.76	1374294.0	111867.5	55933.77	2.49	29.7	0.0	1334160.0	501311.8
11	9.72	7.2	9.79	1406811.0	114514.4	57257.19	2.49	29.7	0.0	1354227.0	509341.3
12	4.97	8.7	5.03	729895.6	59413.5	29706.75	2.49	29.7	0.0	698673.0	263423.3
13	14.46	10.6	14.71	2155425.0	175451.5	87725.77	2.49	29.7	0.0	2049963.0	776810.1
14	9.72	13.0	9.97	1465825.0	119318.1	59659.06	2.49	29.7	0.0	1385069.0	529966.1
15	9.72	15.0	10.06	1471316.0	119765.1	59882.55	2.49	29.7	0.0	1384598.0	535519.2
16	9.72	17.0	10.16	1468564.0	119541.1	59770.57	2.49	29.7	0.0	1377731.0	540169.3
17	5.66	18.6	5.97	850463.4	69227.72	34613.86	2.49	29.7	0.0	796441.0	316314.3
18	13.78	20.6	14.72	2046158.0	166557.2	83278.62	2.49	29.7	0.0	1913444.0	774627.9
19	9.72	23.1	10.57	1409617.0	114742.8	57371.39	2.49	29.7	0.0	1317362.0	548545.6
20	9.72	25.2	10.74	1370922.0	111593.1	55796.53	2.49	29.7	0.0	1281571.0	548828.1

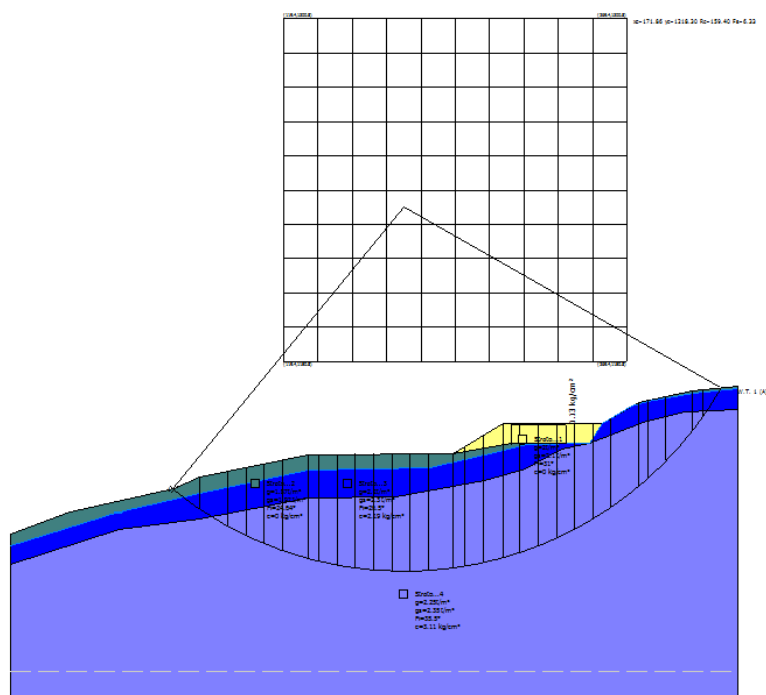


21	9.72	27.4	10.94	1322188.0	107626.1	53813.05	2.49	29.7	0.0	1237107.0	547638.8
22	9.72	29.6	11.17	1263439.0	102843.9	51421.96	2.49	29.7	0.0	1183663.0	544883.6
23	9.72	31.8	11.43	1198568.0	97563.41	48781.7	2.49	29.7	0.0	1124693.0	541724.2
24	9.72	34.1	11.73	1120004.0	91168.33	45584.16	2.49	29.7	0.0	1052102.0	535512.6
25	9.72	36.4	12.08	1025400.0	83467.52	41733.76	2.49	29.7	0.0	962591.8	524984.5
26	9.92	38.9	12.74	932868.8	75935.52	37967.76	2.49	29.7	0.0	871780.3	520092.7
27	9.68	41.4	12.9	785779.4	63962.44	31981.22	2.49	29.7	0.0	725436.3	487058.3
28	9.55	44.0	13.28	658313.3	53586.7	26793.35	2.49	29.7	0.0	593793.4	462371.3
29	9.72	46.7	14.17	502920.8	40937.75	20468.88	1.75	21.7	138783.7	330446.6	275396.8
30	9.72	49.6	14.98	257935.6	20995.96	10497.98	1.75	21.7	33520.7	156452.6	249035.8



9.8.3.4 AEROGENERATORE BT04

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 83

SF Min, SF Max: 6.33, 11.64

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
171.8	1218.	159.3	6.3295

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 6.33 - 7.38

☐ 7.38 - 8.43

☐ 8.43 - 9.49

☐ 9.49 - 10.54

☐ 10.54 - 11.59

☐ 11.59 - 12.64

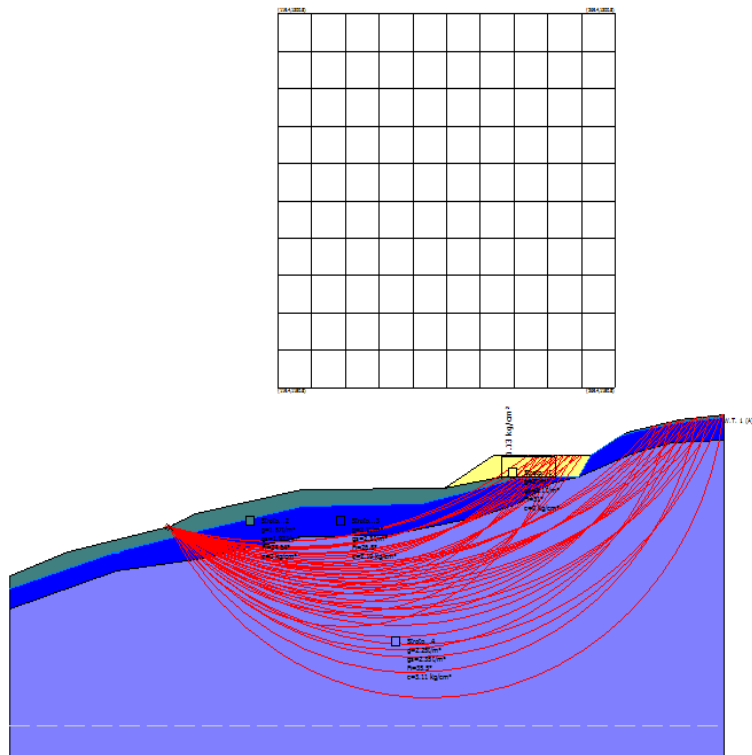
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 83

SF Min, SF Max: 6.33, 11.64

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
171.8	1218.	159.3	6.3295

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 6.33 - 7.38

☐ 7.38 - 8.43

☐ 8.43 - 9.49

☐ 9.49 - 10.54

☐ 10.54 - 11.59

☐ 11.59 - 12.64

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	218.98	1114.7	242.98	1114.7	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	6.33
Ascissa centro superficie	171.86 m
Ordinata centro superficie	1218.3 m
Raggio superficie	159.4 m

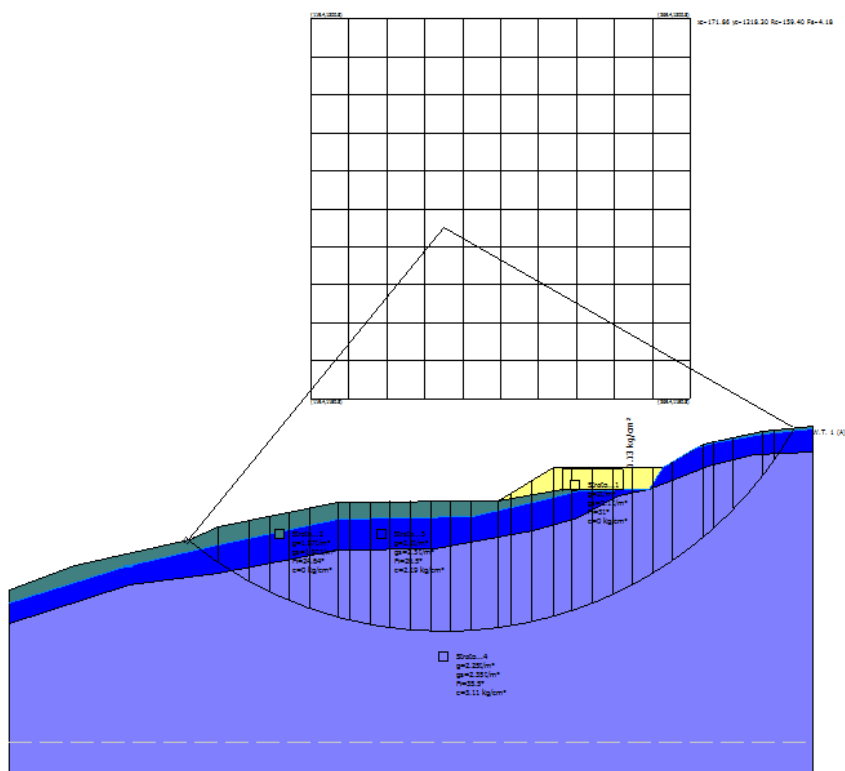
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione

xc = 171.861 yc = 1218.296 Rc = 159.396 Fs=6.33

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.35	-39.2	0.46	120.7	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	164.2	13.4
2	11.38	-36.6	14.17	162302.7	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	246413.5	74380.4
3	12.19	-31.5	14.29	497268.1	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	660135.6	147964.6
4	7.98	-27.3	8.97	471492.3	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	579693.1	107437.8
5	7.98	-24.1	8.74	574948.6	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	676271.3	113894.7
6	7.98	-21.0	8.54	668567.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	758716.4	119153.6
7	11.09	-17.4	11.61	1067887.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1170391.0	172779.5
8	4.87	-14.4	5.02	508470.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	544113.1	77483.3
9	7.98	-12.0	8.15	862430.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	908100.0	127054.2
10	7.98	-9.1	8.08	891510.1	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	922873.4	126994.4
11	7.98	-6.2	8.02	912804.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	931818.7	126786.8
12	7.98	-3.3	7.99	926492.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	935333.4	126461.3
13	7.98	-0.4	7.98	932803.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	933797.6	126047.2
14	7.98	2.4	7.98	932002.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	927518.2	125568.6
15	10.54	5.8	10.6	1223194.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1212778.0	165553.7
16	5.41	8.7	5.47	637149.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	631464.3	86558.1
17	7.98	11.1	8.13	985809.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	978879.4	133629.7
18	8.74	14.2	9.01	1134927.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1132696.0	154759.7
19	7.22	17.2	7.55	982390.9	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	988155.6	135610.1
20	7.98	20.0	8.49	1091543.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1108851.0	154843.3
21	7.98	23.1	8.67	1034190.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1064003.0	154236.5
22	7.98	26.3	8.9	928132.3	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	969261.7	148872.8
23	7.98	29.5	9.17	798328.2	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	848036.1	141045.5
24	7.98	32.9	9.5	728517.5	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	790939.9	141147.3
25	11.9	37.3	14.95	1056168.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	1189598.0	227653.4
26	4.06	40.9	5.37	335214.1	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	390466.8	81311.0
27	7.98	43.9	11.07	580088.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	693691.3	160546.6
28	11.67	49.1	17.81	620892.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	772301.3	232629.9
29	4.29	53.6	7.22	142132.2	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	174227.4	81041.3
30	7.98	57.6	14.87	110096.0	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	121464.0	99285.4



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 83

SF Min, SF Max: 4.18, 6.48

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
171.8	1218.	159.3	4.1839

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 4.18 - 4.73 ☐ 4.73 - 5.28

☐ 5.28 - 5.83 ☐ 5.83 - 6.38

☐ 6.38 - 6.93 ☐ 6.93 - 7.48

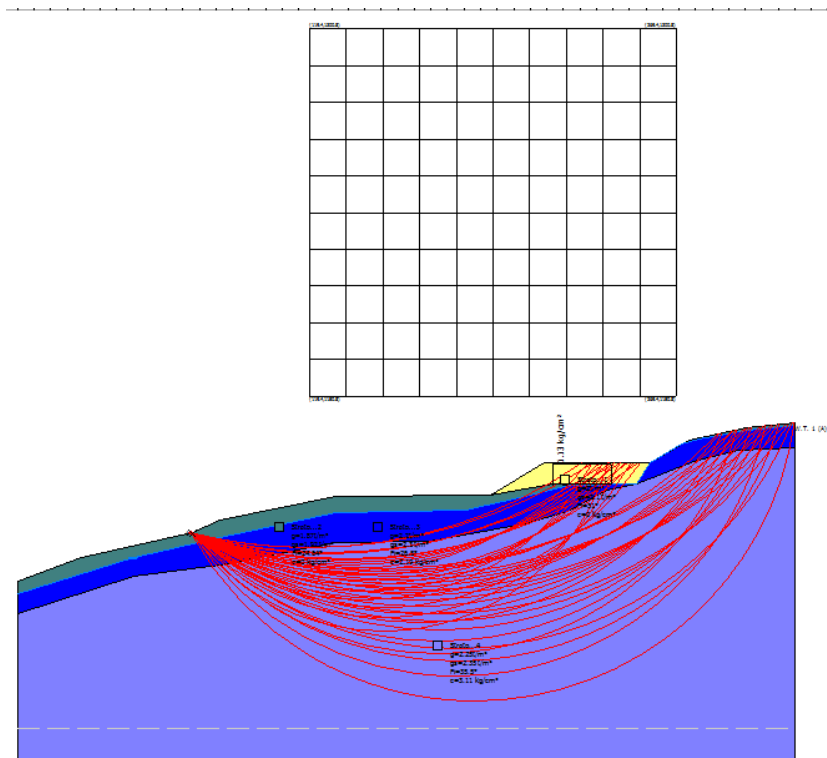
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 83

SF Min, SF Max: 4.18, 6.48

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
171.8	1218.	159.3	4.1839

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 4.18 - 4.73 ☐ 4.73 - 5.28

☐ 5.28 - 5.83 ☐ 5.83 - 6.38

☐ 6.38 - 6.93 ☐ 6.93 - 7.48

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.43	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8496	0.2	0.0173	0.0087
S.L.D.	1.1088	0.2	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.8512	0.28	0.0814	0.0407
S.L.C.	3.5201	0.28	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.081
 Coefficiente azione sismica verticale 0.041

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 4.18
 Ascissa centro superficie 171.86 m
 Ordinata centro superficie 1218.3 m
 Raggio superficie 159.4 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 171.861 yc = 1218.296 Rc = 159.396 Fs=4.184

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi (°)	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	0.35	-39.2	0.46	120.7	9.78	4.95	0.0	20.2	0.0	168.9	20.9
2	11.38	-36.6	14.17	162302.7	13146.52	6654.41	1.75	21.7	0.0	271038.9	115709.1
3	12.19	-31.5	14.29	497268.1	40278.72	20387.99	2.49	29.7	0.0	703690.8	231432.7
4	7.98	-27.3	8.97	471492.3	38190.88	19331.18	2.49	29.7	0.0	607034.4	167105.2
5	7.98	-24.1	8.74	574948.6	46570.84	23572.89	2.49	29.7	0.0	701805.0	176457.6
6	7.98	-21.0	8.54	668567.9	54154.0	27411.29	2.49	29.7	0.0	781918.6	183949.1
7	11.09	-17.4	11.61	1067887.0	86498.87	43783.38	2.49	29.7	0.0	1198113.0	265696.7
8	4.87	-14.4	5.02	508470.9	41186.14	20847.31	2.49	29.7	0.0	554362.4	118788.5
9	7.98	-12.0	8.15	862430.8	69856.9	35359.66	2.49	29.7	0.0	922084.6	194330.7
10	7.98	-9.1	8.08	891510.1	72212.32	36551.92	2.49	29.7	0.0	933402.5	193699.6
11	7.98	-6.2	8.02	912804.9	73937.2	37425.0	2.49	29.7	0.0	938940.7	192865.0
12	7.98	-3.3	7.99	926492.0	75045.85	37986.17	2.49	29.7	0.0	939106.8	191869.0
13	7.98	-0.4	7.98	932803.8	75557.1	38244.95	2.49	29.7	0.0	934293.7	190754.1
14	7.98	2.4	7.98	932002.0	75492.16	38212.08	2.49	29.7	0.0	924806.3	189552.4
15	10.54	5.8	10.6	1223194.0	99078.69	50150.94	2.49	29.7	0.0	1204369.0	249187.1
16	5.41	8.7	5.47	637149.8	51609.13	26123.14	2.49	29.7	0.0	624929.8	129958.9
17	7.98	11.1	8.13	985809.4	79850.56	40418.18	2.49	29.7	0.0	966058.6	200207.0
18	8.74	14.2	9.01	1134927.0	91929.07	46532.0	2.49	29.7	0.0	1113954.0	231239.6

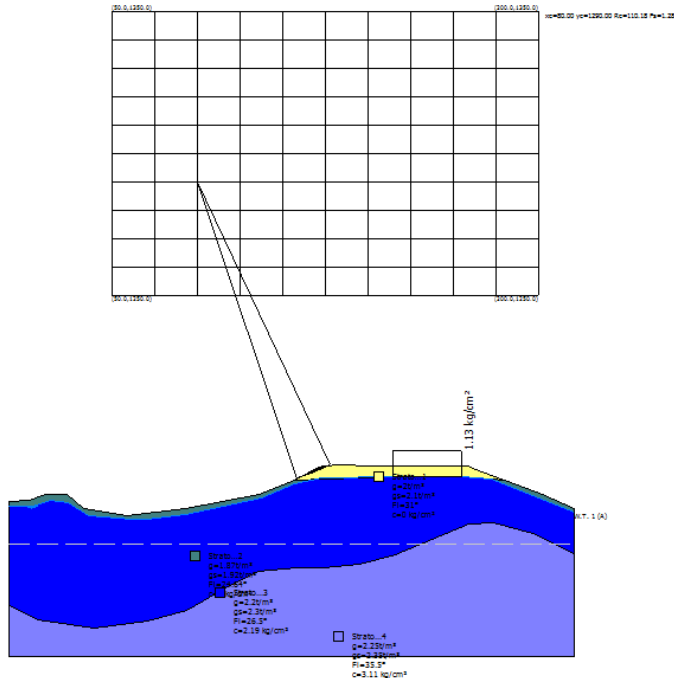


19	7.22	17.2	7.55	982390.9	79573.66	40278.03	2.49	29.7	0.0	968538.5	202092.2
20	7.98	20.0	8.49	1091543.0	88414.99	44753.27	2.49	29.7	0.0	1083038.0	230154.2
21	7.98	23.1	8.67	1034190.0	83769.37	42401.78	2.49	29.7	0.0	1034792.0	228598.3
22	7.98	26.3	8.9	928132.3	75178.71	38053.42	2.49	29.7	0.0	937767.4	219984.0
23	7.98	29.5	9.17	798328.2	64664.58	32731.46	2.49	29.7	0.0	815154.8	207746.6
24	7.98	32.9	9.5	728517.5	59009.92	29869.22	2.49	29.7	0.0	755086.3	207170.6
25	11.9	37.3	14.95	1056168.0	85549.6	43302.88	2.49	29.7	0.0	1126075.0	332507.8
26	4.06	40.9	5.37	335214.1	27152.34	13743.78	2.49	29.7	0.0	366269.9	118239.3
27	7.98	43.9	11.07	580088.0	46987.13	23783.61	2.49	29.7	0.0	643760.1	232560.8
28	11.67	49.1	17.81	620892.4	50292.28	25456.59	2.49	29.7	0.0	695362.7	334435.8
29	4.29	53.6	7.22	142132.2	11512.71	5827.42	2.49	29.7	0.0	146398.2	115621.6
30	7.98	57.6	14.87	110096.0	8917.78	4513.94	1.75	21.7	0.0	84538.9	143036.6



9.8.3.5 AEROGENERATORE BT05

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 174

SF Min, SF Max: 1.28, 20.00

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
80	1290	110.1	1.28436

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.28 - 4.57

☐ 4.57 - 7.86

☐ 7.86 - 11.14

☐ 11.14 - 14.43

☐ 14.43 - 17.71

☐ 17.71 - 21.00

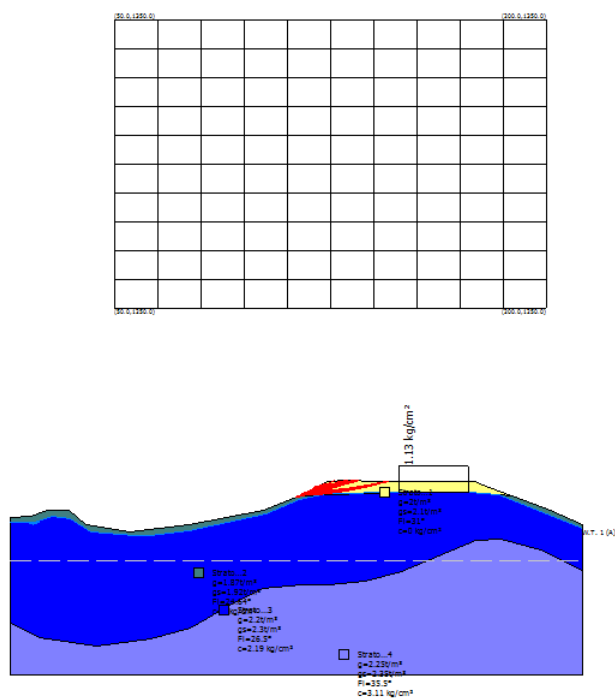
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 174

SF Min, SF Max: 1.28, 20.00

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
80	1290	110.1	1.28436

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.28 - 4.57

☐ 4.57 - 7.86

☐ 7.86 - 11.14

☐ 11.14 - 14.43

☐ 14.43 - 17.71

☐ 17.71 - 21.00

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	148.94	1186.3	172.94	1186.299	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

=====

Fs minimo individuato 1.28
 Ascissa centro superficie 80.0 m
 Ordinata centro superficie 1290.0 m
 Raggio superficie 110.18 m

=====

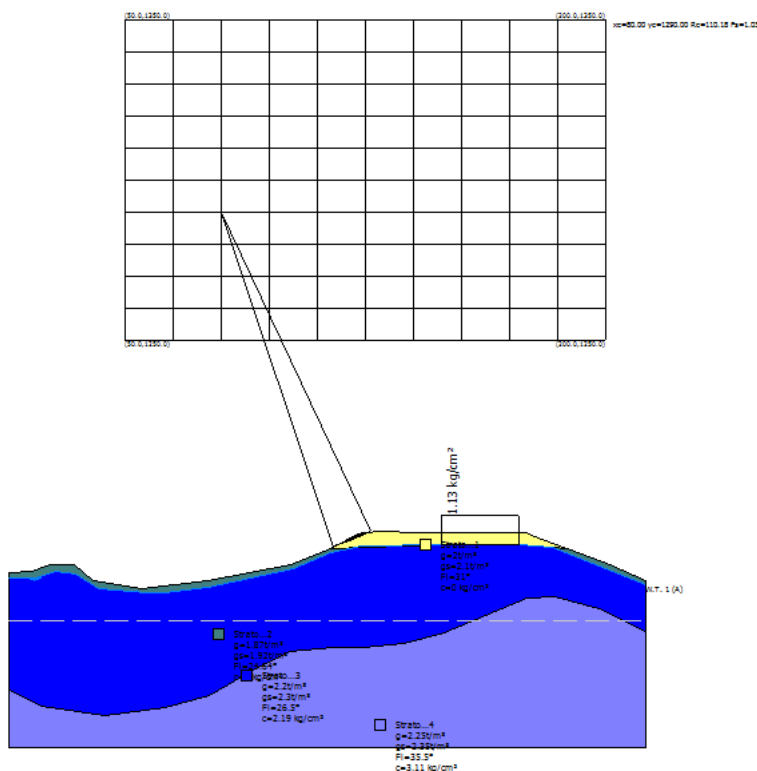
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 80.00 yc = 1290.00 Rc = 110.179 Fs=1.284

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	0.39	18.7	0.41	27.32	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	25.3	10.9
2	0.39	18.9	0.41	81.77	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	75.8	32.7
3	0.39	19.0	0.41	134.78	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	125.0	54.0
4	0.39	19.3	0.41	186.66	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	173.0	74.8
5	0.39	19.6	0.42	237.29	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	219.9	95.3
6	0.39	19.7	0.42	286.58	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	265.6	115.1
7	0.39	20.0	0.42	334.44	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	309.9	134.6
8	0.39	20.1	0.42	381.15	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	353.1	153.5
9	0.39	20.4	0.42	426.42	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	395.0	172.0
10	0.39	20.6	0.42	470.37	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	435.7	190.0
11	0.39	20.8	0.42	513.07	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	475.2	207.4
12	0.39	21.0	0.42	554.43	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	513.4	224.5
13	0.39	21.3	0.42	594.36	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	550.4	241.0
14	0.39	21.5	0.42	633.14	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	586.2	257.2
15	0.39	21.6	0.42	670.48	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	620.8	272.5
16	0.39	22.0	0.42	706.32	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	654.0	287.8
17	0.39	22.1	0.42	740.99	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	686.1	302.1
18	0.39	22.3	0.42	774.24	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	716.8	316.3
19	0.39	22.6	0.42	806.05	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	746.3	329.9
20	0.39	22.8	0.42	836.52	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	774.5	342.9
21	0.39	23.0	0.43	865.64	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	801.5	355.5
22	0.42	23.2	0.45	948.71	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	878.5	390.0
23	0.37	23.5	0.4	804.82	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	745.3	331.7
24	0.39	23.7	0.43	750.55	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	695.1	309.8
25	0.39	23.9	0.43	639.07	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	591.9	264.2
26	0.39	24.1	0.43	526.16	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	487.4	218.0
27	0.39	24.3	0.43	411.9	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	381.6	170.9
28	0.39	24.6	0.43	296.13	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	274.4	123.2
29	0.39	24.8	0.43	179.02	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	165.9	74.6
30	0.39	25.0	0.43	60.37	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	56.0	25.2



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 174

SF Min, SF Max: 1.03, 43.30

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
80	1290	110.1	1.0348

Intervalli di visualizzazione

- ☒ Superficie a fattore minimo
- ☐ Superfici calcolate
- ☐ Superfici da visualizzare
- ☐ 1.03 - 8.25
- ☐ 8.25 - 15.46
- ☐ 15.46 - 22.67
- ☐ 22.67 - 29.88
- ☐ 29.88 - 37.09
- ☐ 37.09 - 44.30

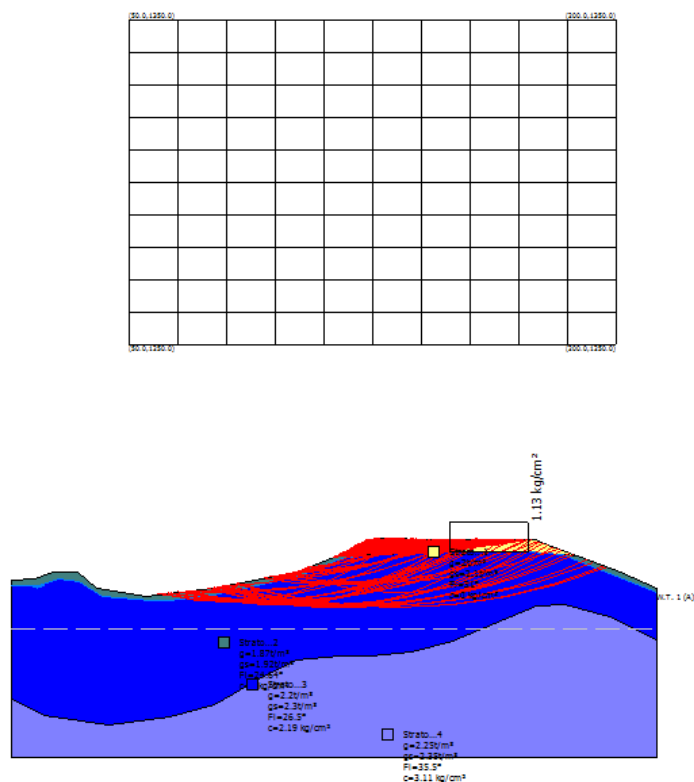
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 174

SF Min, SF Max: 1.03, 43.30

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
80	1290	110.1	1.0348

Intervalli di visualizzazione

- ☐ Superficie a fattore minimo
- ☐ Superfici calcolate
- ☐ Superfici da visualizzare
- ☒ 1.03 - 8.25
- ☐ 8.25 - 15.46
- ☐ 15.46 - 22.67
- ☐ 22.67 - 29.88
- ☐ 29.88 - 37.09
- ☐ 37.09 - 44.30

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.43	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.708	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.924	0.2	0.0188	0.0094
S.L.V.	2.376	0.28	0.0678	0.0339
S.L.C.	2.9334	0.28	0.0838	0.0419

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0678
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0339

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 1.03
 Ascissa centro superficie 80.0 m
 Ordinata centro superficie 1290.0 m
 Raggio superficie 110.18 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 80.00 yc = 1290.00 Rc = 110.179 Fs=1.035

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.39	18.7	0.41	27.32	1.85	0.93	0.0	25.7	0.0	24.6	13.2
2	0.39	18.9	0.41	81.77	5.54	2.77	0.0	25.7	0.0	73.7	39.4
3	0.39	19.0	0.41	134.78	9.14	4.57	0.0	25.7	0.0	121.4	65.0
4	0.39	19.3	0.41	186.66	12.66	6.33	0.0	25.7	0.0	168.0	90.1
5	0.39	19.6	0.42	237.29	16.09	8.04	0.0	25.7	0.0	213.4	114.7
6	0.39	19.7	0.42	286.58	19.43	9.71	0.0	25.7	0.0	257.7	138.6
7	0.39	20.0	0.42	334.44	22.67	11.34	0.0	25.7	0.0	300.5	161.9
8	0.39	20.1	0.42	381.15	25.84	12.92	0.0	25.7	0.0	342.4	184.6
9	0.39	20.4	0.42	426.42	28.91	14.46	0.0	25.7	0.0	382.9	206.8
10	0.39	20.6	0.42	470.37	31.89	15.95	0.0	25.7	0.0	422.1	228.4
11	0.39	20.8	0.42	513.07	34.79	17.39	0.0	25.7	0.0	460.3	249.3
12	0.39	21.0	0.42	554.43	37.59	18.8	0.0	25.7	0.0	497.2	269.7
13	0.39	21.3	0.42	594.36	40.3	20.15	0.0	25.7	0.0	532.8	289.5
14	0.39	21.5	0.42	633.14	42.93	21.46	0.0	25.7	0.0	567.3	308.8
15	0.39	21.6	0.42	670.48	45.46	22.73	0.0	25.7	0.0	600.7	327.2
16	0.39	22.0	0.42	706.32	47.89	23.94	0.0	25.7	0.0	632.4	345.3
17	0.39	22.1	0.42	740.99	50.24	25.12	0.0	25.7	0.0	663.4	362.5
18	0.39	22.3	0.42	774.24	52.49	26.25	0.0	25.7	0.0	692.9	379.3
19	0.39	22.6	0.42	806.05	54.65	27.32	0.0	25.7	0.0	721.1	395.5
20	0.39	22.8	0.42	836.52	56.72	28.36	0.0	25.7	0.0	748.2	410.9

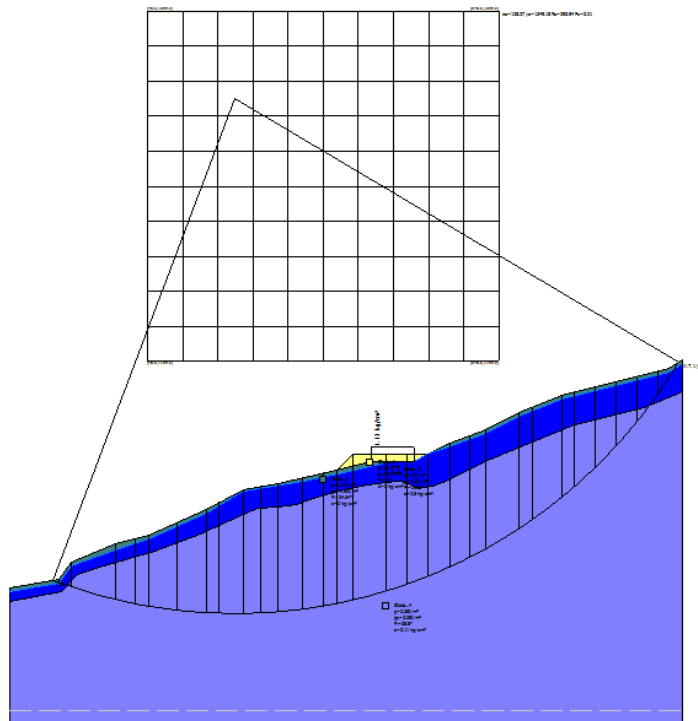


21	0.39	23.0	0.43	865.64	58.69	29.35	0.0	25.7	0.0	774.0	425.9
22	0.42	23.2	0.45	948.71	64.32	32.16	0.0	25.7	0.0	848.1	467.2
23	0.37	23.5	0.4	804.82	54.57	27.28	0.0	25.7	0.0	719.3	397.1
24	0.39	23.7	0.43	750.55	50.89	25.44	0.0	25.7	0.0	670.6	370.8
25	0.39	23.9	0.43	639.07	43.33	21.66	0.0	25.7	0.0	570.9	316.1
26	0.39	24.1	0.43	526.16	35.67	17.84	0.0	25.7	0.0	469.9	260.8
27	0.39	24.3	0.43	411.9	27.93	13.96	0.0	25.7	0.0	367.8	204.4
28	0.39	24.6	0.43	296.13	20.08	10.04	0.0	25.7	0.0	264.4	147.2
29	0.39	24.8	0.43	179.02	12.14	6.07	0.0	25.7	0.0	159.8	89.1
30	0.39	25.0	0.43	60.37	4.09	2.05	0.0	25.7	0.0	53.9	30.1



9.8.3.6 AEROGENERATORE BT06

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 78

SF Min, SF Max: 3.01 3.49

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
128.2	1349.	293.9	3.0137%

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 3.01 - 3.26 ☐ 3.26 - 3.51

☐ 3.51 - 3.75 ☐ 3.75 - 4.00

☐ 4.00 - 4.24 ☐ 4.24 - 4.49

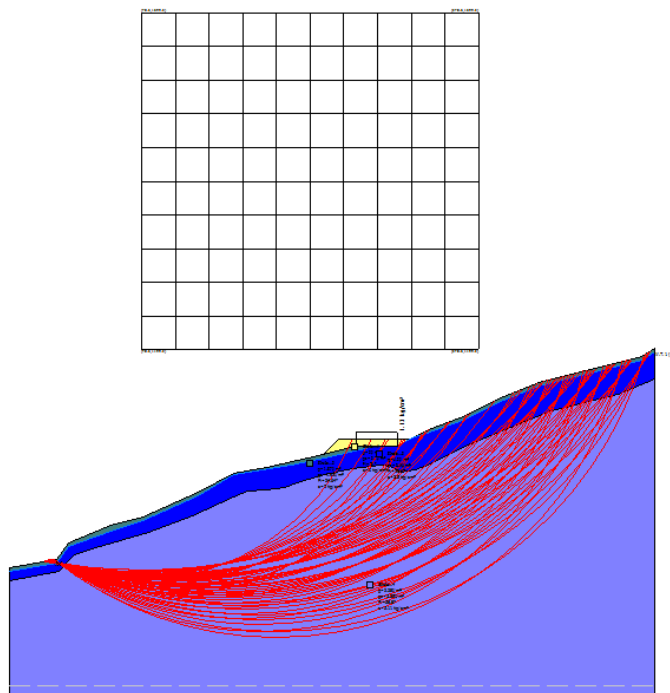
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 78

SF Min, SF Max: 3.01 3.49

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
128.2	1349.	293.9	3.0137%

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 3.01 - 3.26 ☐ 3.26 - 3.51

☐ 3.51 - 3.75 ☐ 3.75 - 4.00

☐ 4.00 - 4.24 ☐ 4.24 - 4.49

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.5	0	29.5	2.2	2.3	SL1	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	205.906	1142.3	229.906	1142.3	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	3.01
Ascissa centro superficie	128.27 m
Ordinata centro superficie	1349.18 m
Raggio superficie	293.94 m

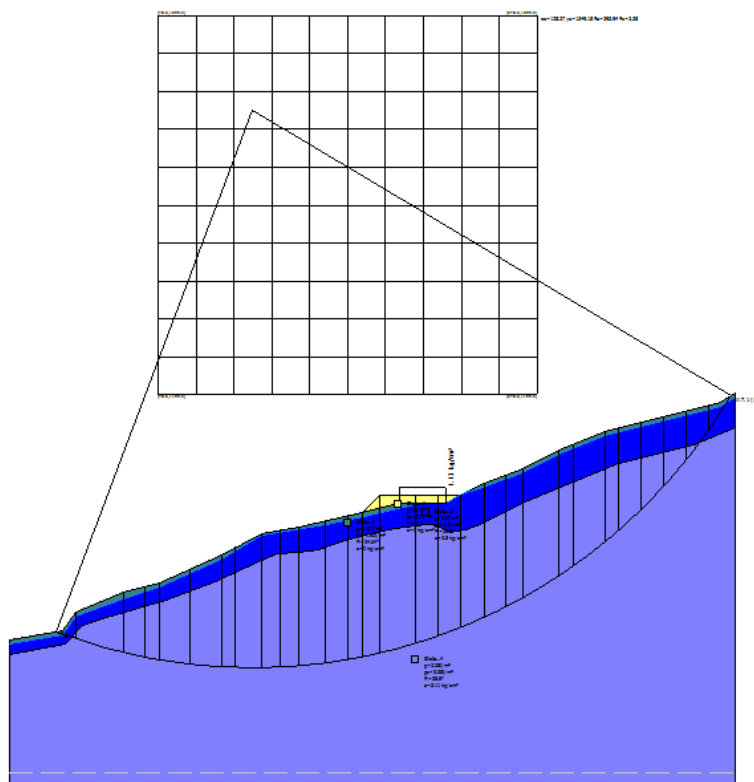
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$xc = 128.266 \quad yc = 1349.178 \quad Rc = 293.936 \quad Fs=3.014$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.82	-20.4	4.07	7544.53	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	8464.4	1198.8
2	6.84	-19.3	7.24	12488.4	0.0	0.0	2.0	24.4	0.0	159728.8	83220.8
3	25.02	-16.0	26.03	133309.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01545743.0	575835.0	575835.0
4	11.89	-12.3	12.17	943532.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01036126.0	331088.3	331088.3
5	7.6	-10.4	7.73	685210.7	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	737044.5	225413.3
6	16.18	-8.0	16.34	1712951.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01802830.0	524467.4	524467.4
7	16.13	-4.8	16.19	2060259.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02116903.0	584953.6	584953.6
8	7.65	-2.5	7.65	1093514.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01107599.0	297902.4	297902.4
9	13.74	-0.4	13.74	2154905.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02159184.0	569564.8	569564.8
10	10.04	1.9	10.04	1678402.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01664950.0	434463.8	434463.8
11	9.75	3.8	9.77	1660174.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01635419.0	426606.0	426606.0
12	14.03	6.2	14.11	2432383.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02379796.0	622036.0	622036.0
13	11.89	8.7	12.03	2093264.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02036697.0	535000.9	535000.9
14	7.41	10.6	7.54	1314606.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01275425.0	337011.1	337011.1
15	9.36	12.3	9.58	1727651.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01674085.0	442058.5	442058.5
16	18.89	15.1	19.57	3615028.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.03501687.0	931502.4	931502.4
17	11.89	18.2	12.52	2235043.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02168592.0	590178.3	590178.3
18	11.89	20.7	12.71	2026739.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01969705.0	557145.6	557145.6
19	12.05	23.2	13.11	1983352.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01936048.0	563468.1	563468.1
20	11.73	25.8	13.03	1920136.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01887430.0	563010.2	563010.2
21	8.52	28.0	9.64	1363406.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01349695.0	413885.9	413885.9
22	19.13	31.1	22.34	3003811.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.03011543.0	961155.1	961155.1
23	8.02	34.2	9.7	1220122.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01241810.0	415745.7	415745.7
24	16.4	37.2	20.58	2349084.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.02427531.0	861615.8	861615.8
25	7.38	40.1	9.65	966780.6	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01014516.0	387604.3	387604.3
26	11.89	42.6	16.16	1386374.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01470920.0	610666.3	610666.3
27	11.89	45.9	17.08	1144303.0	0.0	0.0	2.49	29.7	0.01224439.0	584036.6	584036.6
28	11.89	49.3	18.24	862244.8	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	912529.1	541016.2
29	11.89	53.0	19.77	531574.4	0.0	0.0	2.49	29.7	0.0	508064.9	470343.8
30	11.89	57.1	21.88	145647.0	0.0	0.0	2.0	24.4	0.0	18662.1	297061.2



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
128.2	1349.	293.9	2.3765

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 2.38 - 2.60 ☐ 2.60 - 2.83

☐ 2.83 - 3.06 ☐ 3.06 - 3.29

☐ 3.29 - 3.52 ☐ 3.52 - 3.74

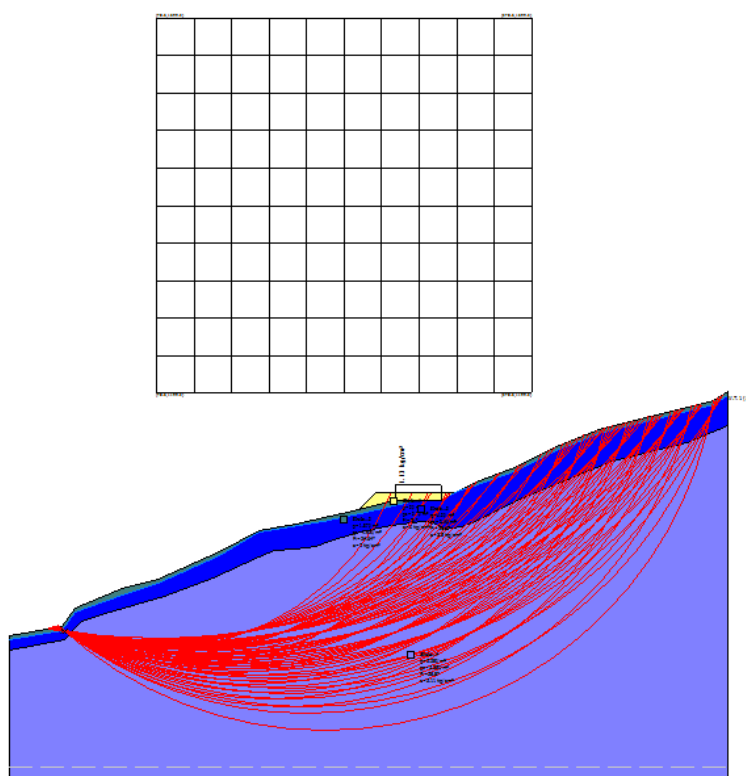
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
128.2	1349.	293.9	2.3765

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 2.38 - 2.60 ☐ 2.60 - 2.83

☐ 2.83 - 3.06 ☐ 3.06 - 3.29

☐ 3.29 - 3.52 ☐ 3.52 - 3.74

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.44	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.708	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.924	0.2	0.0188	0.0094
S.L.V.	2.376	0.28	0.0678	0.0339
S.L.C.	2.9334	0.28	0.0838	0.0419

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.068
 Coefficiente azione sismica verticale 0.034

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 2.38
 Ascissa centro superficie 128.27 m
 Ordinata centro superficie 1349.18 m
 Raggio superficie 293.94 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 128.266 yc = 1349.178 Rc = 293.936 Fs=2.377

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.82	-20.4	4.07	7544.53	513.03	256.51	0.0	20.2	0.0	8583.8	1542.1
2	6.84	-19.3	7.24	124884.3	8492.14	4246.07	2.0	24.4	0.0	167674.3	107314.4
3	25.02	-16.0	26.03	1333099.0	90650.7	45325.35	2.49	29.7	0.01591858.0	743015.1	743015.1
4	11.89	-12.3	12.17	943532.8	64160.23	32080.12	2.49	29.7	0.01056192.0	425365.7	425365.7
5	7.6	-10.4	7.73	685210.7	46594.33	23297.16	2.49	29.7	0.0	748465.1	288978.3
6	16.18	-8.0	16.34	1712951.0	116480.7	58240.34	2.49	29.7	0.01823188.0	670673.5	670673.5
7	16.13	-4.8	16.19	2060259.0	140097.6	70048.79	2.49	29.7	0.02130438.0	745573.4	745573.4
8	7.65	-2.5	7.65	1093514.0	74358.95	37179.48	2.49	29.7	0.01111140.0	378818.5	378818.5
9	13.74	-0.4	13.74	2154905.0	146533.6	73266.78	2.49	29.7	0.02160320.0	722792.1	722792.1
10	10.04	1.9	10.04	1678402.0	114131.4	57065.68	2.49	29.7	0.01661124.0	550116.1	550116.1
11	9.75	3.8	9.77	1660174.0	112891.8	56445.91	2.49	29.7	0.01627908.0	539179.4	539179.4
12	14.03	6.2	14.11	2432383.0	165402.1	82701.03	2.49	29.7	0.02362383.0	784467.0	784467.0
13	11.89	8.7	12.03	2093264.0	142341.9	71170.97	2.49	29.7	0.02015801.0	673113.6	673113.6
14	7.41	10.6	7.54	1314606.0	89393.21	44696.61	2.49	29.7	0.01259546.0	423268.3	423268.3
15	9.36	12.3	9.58	1727651.0	117480.3	58740.14	2.49	29.7	0.01650204.0	554351.2	554351.2
16	18.89	15.1	19.57	3615028.0	245821.9	122911.0	2.49	29.7	0.03440761.0	1165083.0	1165083.0
17	11.89	18.2	12.52	2235043.0	151983.0	75991.48	2.49	29.7	0.02122917.0	736045.8	736045.8
18	11.89	20.7	12.71	2026739.0	137818.3	68909.13	2.49	29.7	0.01921576.0	693263.8	693263.8
19	12.05	23.2	13.11	1983352.0	134868.0	67433.98	2.49	29.7	0.01882416.0	699474.4	699474.4
20	11.73	25.8	13.03	1920136.0	130569.3	65284.63	2.49	29.7	0.01829083.0	697209.2	697209.2
21	8.52	28.0	9.64	1363406.0	92711.59	46355.79	2.49	29.7	0.01303925.0	511440.0	511440.0
22	19.13	31.1	22.34	3003811.0	204259.2	102129.6	2.49	29.7	0.02896431.0	1184016.0	1184016.0

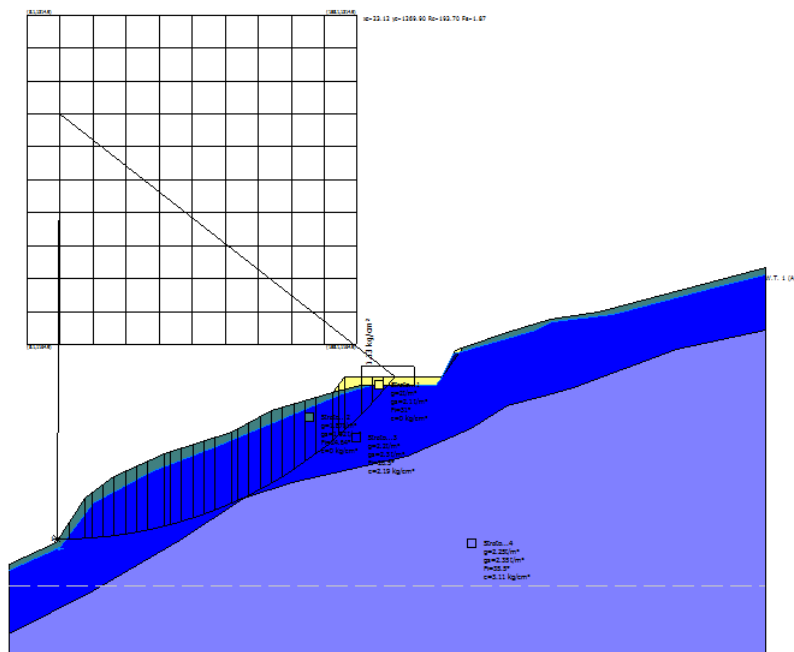
**REGIONE EMILIA ROMAGNA – Comune di Borgo Val di Taro (Parma)****PROGETTO DEL PARCO EOLICO “MONTE CROCE DI FERRO”****PROGETTO PARCO EOLICO – RELAZIONE GEOTECNICA – rev.01 dd marzo 2023**

24	16.4	37.2	20.58	2349084.0	159737.7	79868.86	2.49	29.7	0.02310906.0	1054625.0	510493.5
25	7.38	40.1	9.65	966780.6	65741.08	32870.54	2.49	29.7	0.0 959577.5	472858.9	
26	11.89	42.6	16.16	1386374.0	94273.46	47136.73	2.49	29.7	0.01381436.0	742771.3	
27	11.89	45.9	17.08	1144303.0	77812.6	38906.3	2.49	29.7	0.01135805.0	707504.4	
28	11.89	49.3	18.24	862244.8	58632.64	29316.32	2.49	29.7	0.0 828095.4	652351.8	
29	11.89	53.0	19.77	531574.4	36147.06	18073.53	2.49	29.7	0.0 433213.8	564035.0	
30	11.89	57.1	21.88	145647.0	9903.99	4952.0	2.0	24.4	0.0 -32027.1	357442.0	



9.8.3.7 AEROGENERATORE BT07

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 194

SF Min, SF Max: 1.87, 3.38

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
23.12	1269.	193.7	1.8694

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.87 - 2.29

☐ 2.29 - 2.70

☐ 2.70 - 3.12

☐ 3.12 - 3.54

☐ 3.54 - 3.96

☐ 3.96 - 4.38

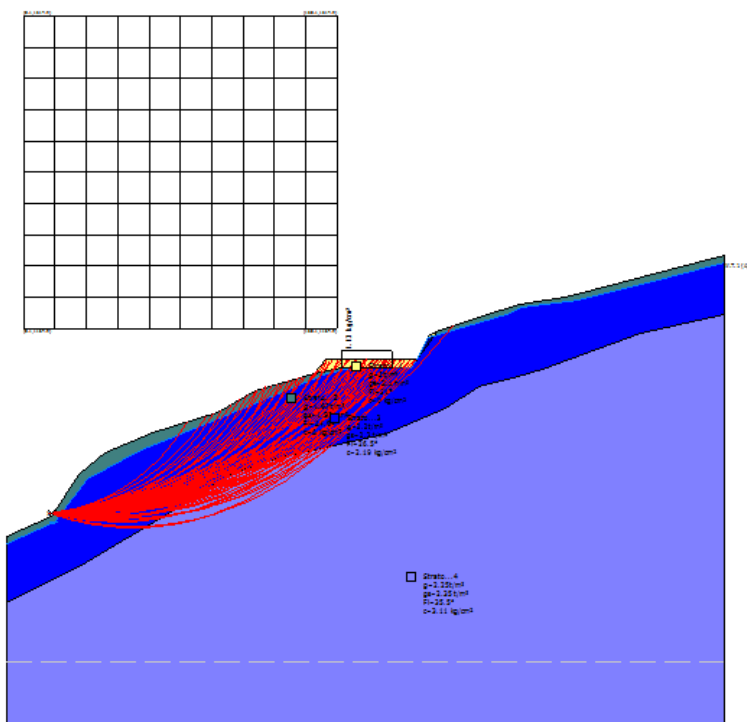
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 194

SF Min, SF Max: 1.87, 3.65

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
23.12	1269.	193.7	1.8694

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.87 - 2.33

☐ 2.33 - 2.80

☐ 2.80 - 3.26

☐ 3.26 - 3.72

☐ 3.72 - 4.19

☐ 4.19 - 4.65

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0		24.64	1.87	1.92	TC1	
3	2.19	0	26.5	2.2	2.3	SL2	
4	3.11	0	35.5	2.25	2.35	SL3	

Carichi distribuiti

N	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm)
1	160.285	1146.3	184.285	1146.3	1.13

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.87
Ascissa centro superficie	23.12 m
Ordinata centro superficie	1269.9 m
Raggio superficie	193.7 m

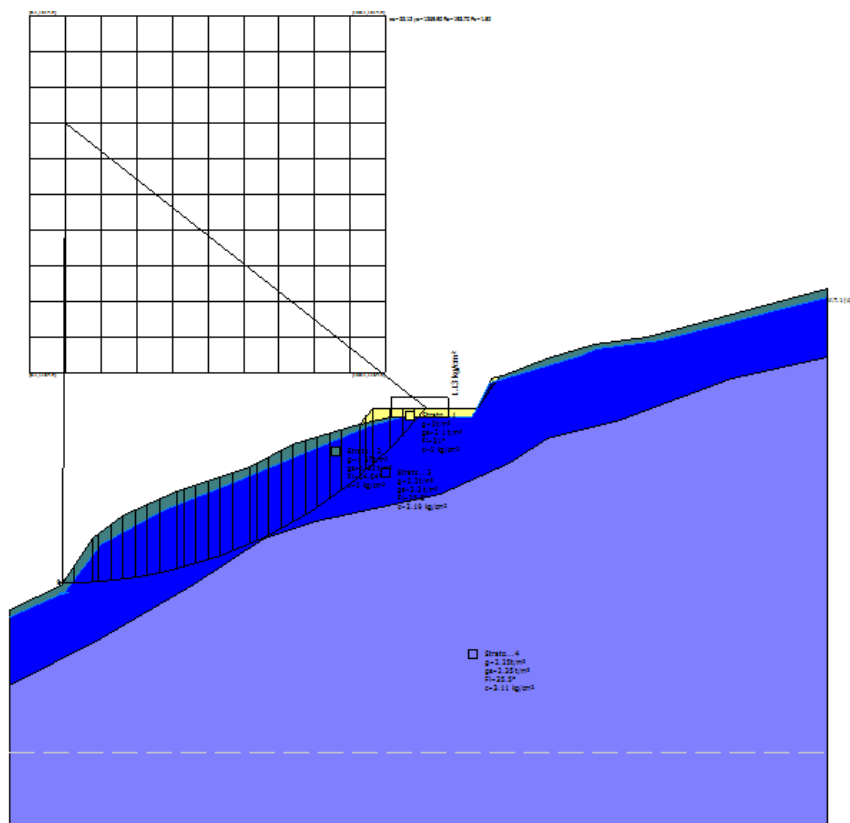
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$xc = 23.122 \quad yc = 1269.895 \quad Rc = 193.701 \quad Fs=1.869$$

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	5.11	0.4	5.11	36471.68	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	36414.4	7796.9
2	7.46	2.3	7.47	203652.8	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	198910.1	122716.5
3	2.76	3.8	2.76	115833.8	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	112469.6	54523.1
4	5.11	5.0	5.13	249809.1	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	241311.5	108982.7
5	4.74	6.4	4.77	266685.8	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	256146.4	109098.1
6	5.47	8.0	5.53	337478.9	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	322379.0	132791.0
7	5.11	9.5	5.18	333706.9	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	317082.8	128521.7
8	5.11	11.1	5.2	350084.4	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	331223.3	132765.7
9	7.27	12.9	7.46	522137.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	491913.9	195673.4
10	2.95	14.5	3.05	217441.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	204244.1	81274.0
11	5.11	15.7	5.31	379677.6	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	355840.3	142402.6
12	5.11	17.3	5.35	382114.8	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	357279.4	144388.3
13	5.11	18.9	5.4	382732.4	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	357184.8	146205.1
14	5.11	20.5	5.45	381482.4	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	355495.9	147857.9
15	7.41	22.5	8.03	547763.7	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	509769.9	217223.7
16	2.8	24.1	3.07	205748.6	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	191437.0	83215.3
17	5.11	25.4	5.66	378520.3	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	352619.5	154898.5
18	5.11	27.1	5.74	380907.7	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	355534.6	158875.2
19	4.88	28.8	5.56	363765.7	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	340298.2	155268.8
20	5.34	30.5	6.2	388987.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	364230.7	171988.5
21	5.11	32.3	6.05	353957.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	331031.8	164334.5
22	5.11	34.1	6.17	333575.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	311157.2	163743.8
23	5.11	36.0	6.31	310400.3	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	288071.7	162639.5
24	7.62	38.4	9.72	413786.6	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	379219.2	239304.8
25	2.59	40.3	3.4	132095.4	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	120026.9	82236.5
26	2.74	41.4	3.65	144651.9	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	132679.7	90842.3
27	7.48	43.4	10.29	343943.7	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	306470.2	243003.5
28	5.11	46.0	7.36	218789.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	191073.1	172346.2
29	5.11	48.2	7.67	159290.5	0.0	0.0	1.75	21.7	0.0	120059.8	159702.3
30	5.11	50.6	8.04	88980.83	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	104463.7	46130.4



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 194

SF Min, SF Max: 1.50, 2.76

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
23.12	1269.	193.7	1.4976:

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.50 - 1.87 ☐ 1.87 - 2.25

☐ 2.25 - 2.63 ☐ 2.63 - 3.01

☐ 3.01 - 3.38 ☐ 3.38 - 3.76

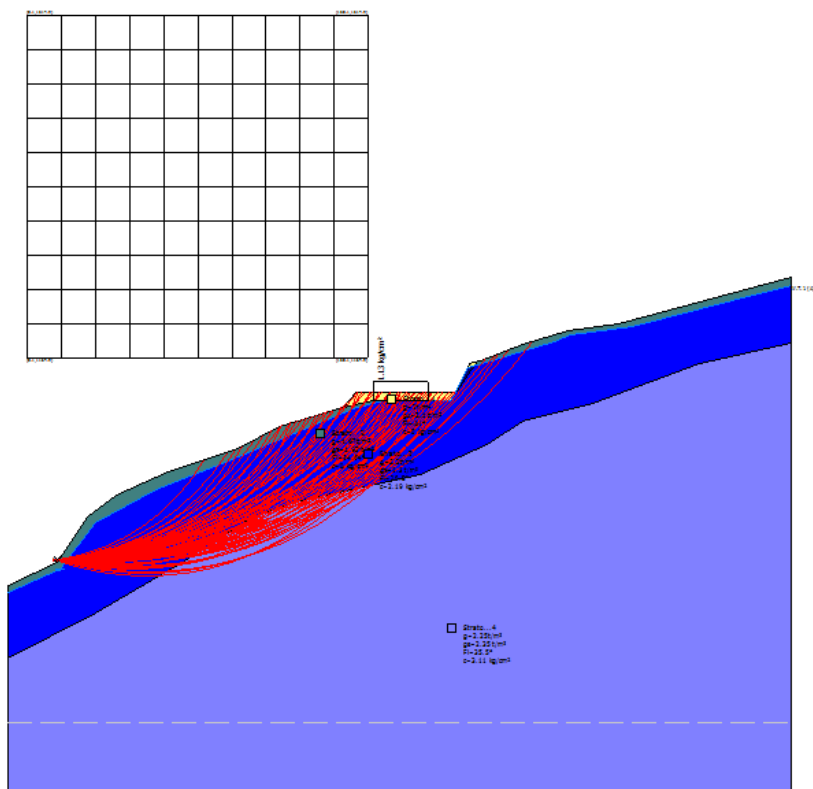
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 194

SF Min, SF Max: 1.50, 2.76

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
23.12	1269.	193.7	1.4976:

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.50 - 1.87 ☐ 1.87 - 2.25

☐ 2.25 - 2.63 ☐ 2.63 - 3.01

☐ 3.01 - 3.38 ☐ 3.38 - 3.76

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.59	2.42	0.24
S.L.D.	50.0	0.77	2.44	0.25
S.L.V.	475.0	1.98	2.4	0.28
S.L.C.	975.0	2.55	2.4	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8496	0.2	0.0173	0.0087
S.L.D.	1.1088	0.2	0.0226	0.0113
S.L.V.	2.8512	0.28	0.0814	0.0407
S.L.C.	3.5201	0.28	0.1005	0.0503

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0814
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0407

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 1.5
 Ascissa centro superficie 23.12 m
 Ordinata centro superficie 1269.9 m
 Raggio superficie 193.7 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 23.122 yc = 1269.895 Rc = 193.701 Fs=1.498

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5.11	0.4	5.11	36471.68	2968.8	1484.4	0.0	20.2	0.0	36399.9	9727.7
2	7.46	2.3	7.47	203652.8	16577.34	8288.67	1.75	21.7	0.0	197706.8	152816.9
3	2.76	3.8	2.76	115833.8	9428.87	4714.44	1.75	21.7	0.0	111588.3	67795.6
4	5.11	5.0	5.13	249809.1	20334.46	10167.23	1.75	21.7	0.0	239026.9	135358.8
5	4.74	6.4	4.77	266685.8	21708.23	10854.11	1.75	21.7	0.0	253207.6	135310.1
6	5.47	8.0	5.53	337478.9	27470.79	13735.39	1.75	21.7	0.0	317996.3	164455.5
7	5.11	9.5	5.18	333706.9	27163.74	13581.87	1.75	21.7	0.0	312042.0	158927.6
8	5.11	11.1	5.2	350084.4	28496.87	14248.44	1.75	21.7	0.0	325234.8	163936.9
9	7.27	12.9	7.46	522137.5	42501.99	21251.0	1.75	21.7	0.0	481714.6	241186.7
10	2.95	14.5	3.05	217441.5	17699.74	8849.87	1.75	21.7	0.0	199545.9	100031.2
11	5.11	15.7	5.31	379677.6	30905.75	15452.88	1.75	21.7	0.0	346981.4	175064.0
12	5.11	17.3	5.35	382114.8	31104.15	15552.07	1.75	21.7	0.0	347501.3	177240.8
13	5.11	18.9	5.4	382732.4	31154.42	15577.21	1.75	21.7	0.0	346495.2	179201.5
14	5.11	20.5	5.45	381482.4	31052.67	15526.33	1.75	21.7	0.0	343900.9	180950.4
15	7.41	22.5	8.03	547763.7	44587.96	22293.98	1.75	21.7	0.0	491356.0	265334.6
16	2.8	24.1	3.07	205748.6	16747.94	8373.97	1.75	21.7	0.0	183963.1	101484.6
17	5.11	25.4	5.66	378520.3	30811.55	15405.77	1.75	21.7	0.0	338115.8	188668.9
18	5.11	27.1	5.74	380907.7	31005.89	15502.94	1.75	21.7	0.0	339891.6	193192.3
19	4.88	28.8	5.56	363765.7	29610.52	14805.26	1.75	21.7	0.0	324296.6	188492.5
20	5.34	30.5	6.2	388987.5	31663.58	15831.79	1.75	21.7	0.0	345721.5	208422.7
21	5.11	32.3	6.05	353957.5	28812.14	14406.07	1.75	21.7	0.0	312606.8	198776.8
22	5.11	34.1	6.17	333575.5	27153.04	13576.52	1.75	21.7	0.0	292103.4	197686.3

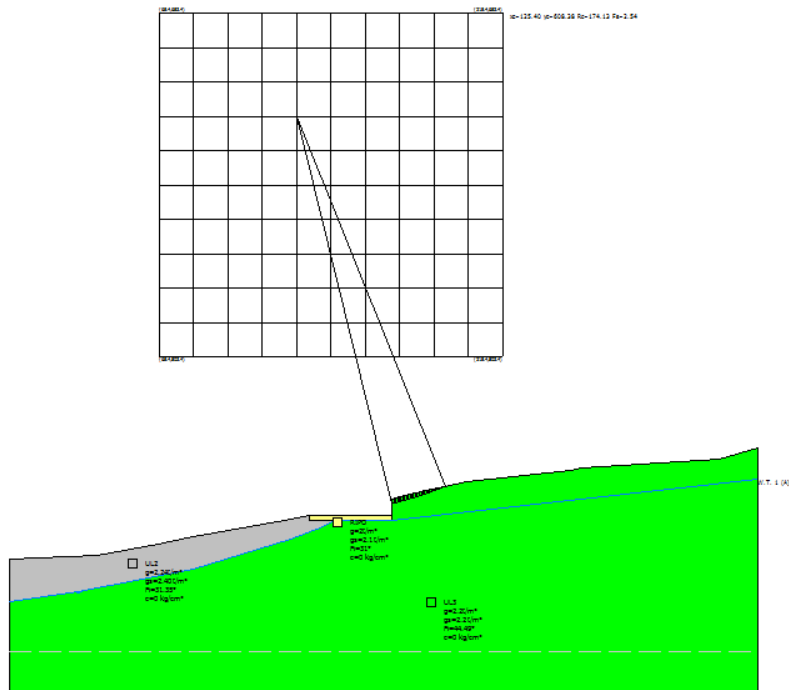
**REGIONE EMILIA ROMAGNA – Comune di Borgo Val di Taro (Parma)****PROGETTO DEL PARCO EOLICO “MONTE CROCE DI FERRO”****PROGETTO PARCO EOLICO – RELAZIONE GEOTECNICA – rev.01 dd marzo 2023**

PROJEKTO ARĖS LŪGŲ REIKALAVIŠTĖS KŲRIMO 1993-2010 M. PASAULIO KŲRIMO													
		23	5.11	36.0	6.31	310400.3	25266.59	12633.29	1.75	21.7	0.0	268485.6	195963.6
24	7.62		38.4	9.72	413786.6	33682.23	16841.12	1.75	21.7	0.0	349253.4	287582.5	
25	2.59		40.3	3.4	132095.4	10752.57	5376.28	1.75	21.7	0.0	109435.9	98607.8	
26	2.74		41.4	3.65	144651.9	11774.67	5887.33	1.75	21.7	0.0	120819.4	108793.9	
27	7.48		43.4	10.29	343943.7	27997.02	13998.51	1.75	21.7	0.0	273964.2	290302.6	
28	5.11		46.0	7.36	218789.5	17809.47	8904.73	1.75	21.7	0.0	167419.1	205215.5	
29	5.11		48.2	7.67	159290.5	12966.25	6483.12	1.75	21.7	0.0	97755.3	189600.5	
30	5.11		50.6	8.04	88980.83	7243.04	3621.52	0.0	25.7	0.0	98262.5	54159.0	



9.8.3.8 SOTTOSTAZIONE UTENTE

Verifica in condizioni statiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
125.3	608.3	174.1	2.5392

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 2.54 - 4.36 ☐ 4.36 - 6.17

☐ 6.17 - 7.99 ☐ 7.99 - 9.81

☐ 9.81 - 11.62 ☐ 11.62 - 13.44

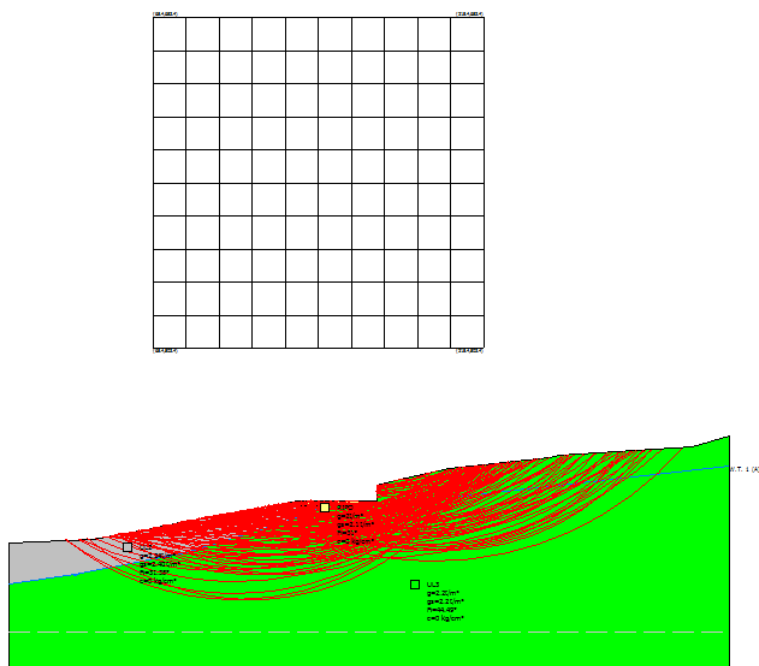
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate

SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
125.3	608.3	174.1	2.5392

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 2.54 - 4.36 ☐ 4.36 - 6.17

☐ 6.17 - 7.99 ☐ 7.99 - 9.81

☐ 9.81 - 11.62 ☐ 11.62 - 13.44

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm)	Coesione non drenata (kg/cm)	Angolo resistenza al taglio ()	Peso unità di volume (t/m)	Peso saturo (t/m)	Litologia	
1	0	0	31	2	2.1	Riporto piazzole	
2	0	0	31.35	2.24	2.40	UL2	
3	0	0	44.49	2.2	2.2	UL3	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.54
Ascissa centro superficie	125.4 m
Ordinata centro superficie	608.38 m
Raggio superficie	174.13 m

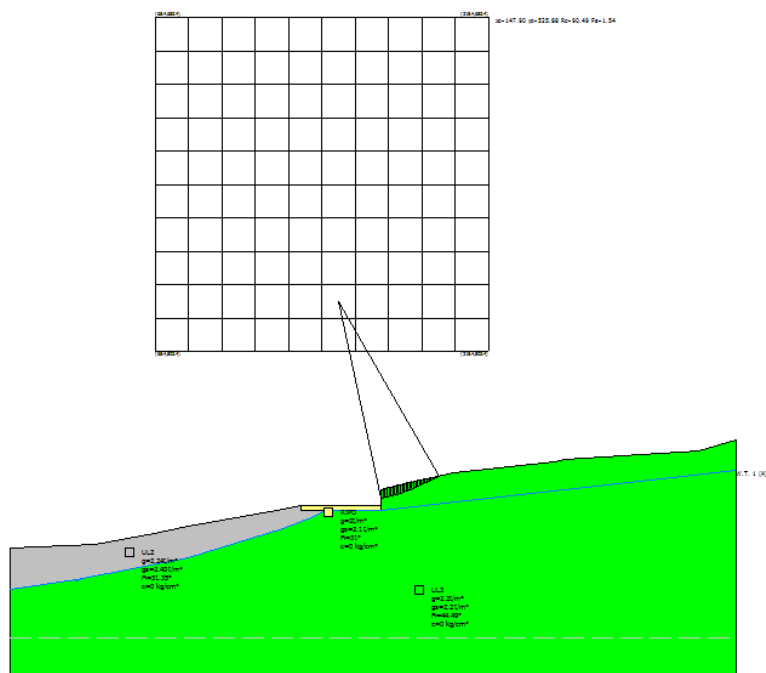
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$xc = 125.398 \quad yc = 608.378 \quad Rc = 174.134 \quad Fs=2.539$$

Nr.	B m	Alfa ()	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi ()	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	0.78	20.6	0.84	3870.89	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3669.6	1323.3
2	0.78	14.3	0.81	3869.78	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3677.2	1281.0
3	0.78	14.5	0.81	3862.02	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3668.6	1279.5
4	0.78	14.8	0.81	3847.62	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3653.7	1275.9
5	0.78	15.1	0.81	3826.4	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3632.5	1270.0
6	0.78	15.3	0.81	3798.45	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3604.9	1262.0
7	0.78	15.6	0.81	3763.58	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3570.9	1251.7
8	0.78	15.9	0.82	3722.12	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3530.7	1239.2
9	0.78	16.1	0.82	3673.74	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3484.1	1224.5
10	0.78	16.4	0.82	3618.46	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3431.0	1207.5
11	0.78	16.7	0.82	3556.17	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3371.3	1188.2
12	0.78	17.0	0.82	3487.12	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3305.4	1166.6
13	0.78	17.2	0.82	3411.05	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3232.8	1142.7
14	0.78	17.5	0.82	3327.97	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3153.8	1116.4
15	0.78	17.8	0.82	3237.84	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	3068.1	1087.6
16	1.08	18.1	1.13	4284.0	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	4059.1	1441.6
17	0.49	18.4	0.52	1880.2	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	1781.4	633.7
18	0.78	18.6	0.83	2849.23	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	2699.5	961.5
19	0.78	18.8	0.83	2663.3	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	2523.4	900.2
20	0.78	19.1	0.83	2470.2	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	2340.5	836.3
21	0.78	19.4	0.83	2270.05	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	2151.0	769.9
22	0.78	19.7	0.83	2062.47	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	1954.4	700.7
23	0.78	19.9	0.83	1847.64	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	1751.0	628.9
24	0.78	20.2	0.84	1625.45	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	1540.6	554.3
25	0.78	20.5	0.84	1395.95	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	1323.3	476.9
26	0.78	20.8	0.84	8946.03	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	8481.9	3062.7
27	0.78	21.0	0.84	9774.95	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	9269.5	3353.0
28	0.78	21.3	0.84	9522.91	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	9032.4	3273.5
29	0.78	21.6	0.84	9263.67	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	8788.7	3191.3
30	0.78	21.9	0.84	7866.59	0.0	0.0	0.0	38.2	0.0	7465.1	2715.8



Verifica in condizioni sismiche



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 1.54, 4.67

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
147.8	525.8	90.48	1.5385

Intervalli di visualizzazione

☒ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☐ 1.54 - 2.23 ☐ 2.23 - 2.92

☐ 2.92 - 3.61 ☐ 3.61 - 4.30

☐ 4.30 - 4.98 ☐ 4.98 - 5.67

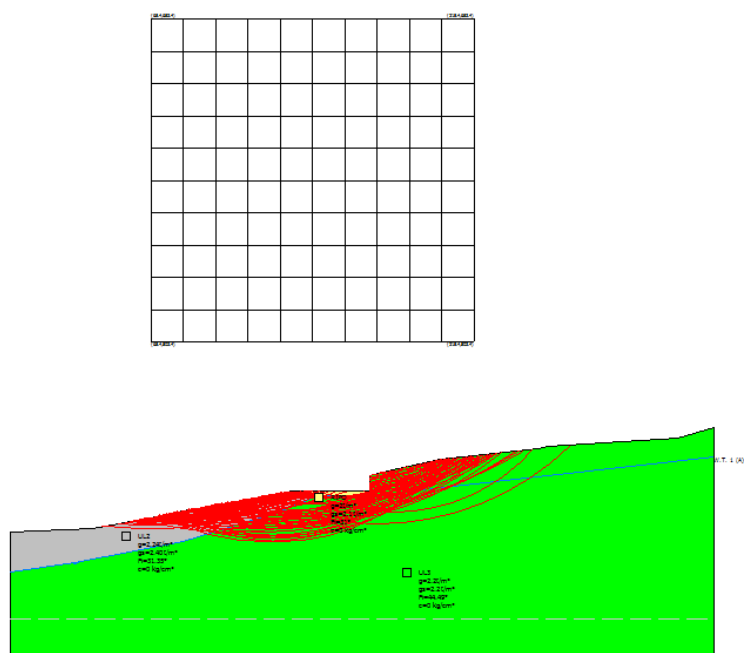
Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 195

SF Min, SF Max: 1.54, 4.67

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
147.8	525.8	90.48	1.5385

Intervalli di visualizzazione

☐ Superficie a fattore minimo

☐ Superfici calcolate

☐ Superfici da visualizzare

☒ 1.54 - 2.23 ☐ 2.23 - 2.92

☐ 2.92 - 3.61 ☐ 3.61 - 4.30

☐ 4.30 - 4.98 ☐ 4.98 - 5.67

Visualizza

Maglia centri

☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☒ Sintetizzare la stampa delle superfici



Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	1.18	2.36	0.26
S.L.D.	201.0	1.44	2.39	0.27
S.L.V.	1898.0	3.12	2.4	0.3
S.L.C.	2475.0	3.38	2.4	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.77	0.24	0.0433	0.0217
S.L.D.	2.1448	0.24	0.0525	0.0262
S.L.V.	3.8745	0.28	0.1106	0.0553
S.L.C.	4.0683	0.28	0.1162	0.0581

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.1106
Coefficiente azione sismica verticale	0.0553

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 147.898 \quad y_c = 525.878 \quad R_c = 90.489 \quad F_s = 1.539$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.86	19.6	0.91	7793.82	862.0	431.0	0.0	38.2	0.0	6904.5	4082.3
2	0.86	13.1	0.88	7831.65	866.18	433.09	0.0	38.2	0.0	7117.2	4071.7
3	0.86	13.7	0.89	7852.58	868.5	434.25	0.0	38.2	0.0	7116.7	4080.8
4	0.86	14.2	0.89	7856.94	868.98	434.49	0.0	38.2	0.0	7101.9	4082.2
5	0.86	14.8	0.89	7844.12	867.56	433.78	0.0	38.2	0.0	7071.9	4075.5
6	0.86	15.4	0.89	7814.21	864.25	432.13	0.0	38.2	0.0	7027.8	4060.7
7	0.86	15.9	0.89	7766.95	859.02	429.51	0.0	38.2	0.0	6968.6	4037.8
8	0.86	16.5	0.9	7702.59	851.91	425.95	0.0	38.2	0.0	6895.6	4006.7
9	0.86	17.1	0.9	7620.47	842.82	421.41	0.0	38.2	0.0	6807.1	3967.3
10	0.86	17.6	0.9	7520.63	831.78	415.89	0.0	38.2	0.0	6703.8	3919.5
11	0.86	18.2	0.91	7402.82	818.75	409.38	0.0	38.2	0.0	6585.8	3862.9
12	0.86	18.8	0.91	7267.25	803.76	401.88	0.0	38.2	0.0	6453.2	3797.7
13	0.86	19.4	0.91	7113.3	786.73	393.37	0.0	38.2	0.0	6305.1	3723.6
14	0.86	19.9	0.91	6940.94	767.67	383.83	0.0	38.2	0.0	6142.2	3640.2
15	0.81	20.5	0.86	6353.63	702.71	351.36	0.0	38.2	0.0	5613.7	3339.3
16	0.91	21.1	0.98	6890.75	762.12	381.06	0.0	38.2	0.0	6079.2	3630.2
17	0.86	21.7	0.93	6184.77	684.04	342.02	0.0	38.2	0.0	5448.6	3267.0
18	0.86	22.3	0.93	5855.57	647.63	323.81	0.0	38.2	0.0	5152.0	3101.9
19	0.86	22.9	0.93	5506.8	609.05	304.53	0.0	38.2	0.0	4839.3	2926.3
20	0.86	23.5	0.94	5138.18	568.28	284.14	0.0	38.2	0.0	4510.5	2739.5
21	0.86	24.1	0.94	4749.77	525.32	262.66	0.0	38.2	0.0	4165.5	2541.5
22	0.86	24.7	0.95	4340.82	480.09	240.05	0.0	38.2	0.0	3803.6	2331.7



23	0.86	25.3	0.95	4722.58	522.32	261.16	0.0	38.2	0.0	4134.9	2547.2
24	0.86	25.9	0.96	13179.66	1457.67	728.84	0.0	38.2	0.0	11532.1	7139.7
25	0.86	26.5	0.96	12708.24	1405.53	702.77	0.0	38.2	0.0	11113.5	6916.2
26	0.86	27.1	0.97	12215.04	1350.98	675.49	0.0	38.2	0.0	10677.4	6681.6
27	0.86	27.7	0.97	11699.96	1294.02	647.01	0.0	38.2	0.0	10223.9	6432.7
28	0.86	28.3	0.98	11162.4	1234.56	617.28	0.0	38.2	0.0	9752.1	6171.3
29	0.86	28.9	0.98	10602.53	1172.64	586.32	0.0	38.2	0.0	9262.1	5895.2
30	0.86	29.6	0.99	8889.36	983.16	491.58	0.0	38.2	0.0	7765.7	4973.7

10. CONCLUSIONI

A seguito di incarico conferito **BORGOTARO WIND srl con sede in Bolzano, Piazza del Grano 3**, per la redazione dello studio geotecnico inerente la progettazione definitiva di un parco eolico in località “Monte Croce di Ferro” nel Comune di Borgo Val di Taro (PR), si è proceduto all’analisi degli aspetti geologico-strutturali, sismici e geotecnici relativi all’interazione opera-terreno, secondo quanto previsto dalla Vigente Normativa in materia.

Le verifiche condotte hanno mostrato quanto segue:

1. in considerazione degli elevati carichi in gioco e delle problematiche geomorfologiche presenti in sito, è stato necessario prevedere pali di grande diametro e profondità, per permettere un adeguato appoggio delle fondazioni sul substrato roccioso e/o comunque su orizzonti a maggior competenza;
2. le verifiche di stabilità di versante, eseguite per valutare la stabilità del complesso opera-fondazione, come richiesto nella Vigente Normativa (Norme Tecniche delle Costruzioni di cui alle NTC 2018), hanno fornito esito positivo, anche se con riscontri differenti da sito a sito; le verifiche sono state eseguite sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche, implementando i carichi di progetto e non considerando (cautelativamente) il contributo resistente offerto dai pali di fondazione.

Alla luce di quanto sopra esposto, si può asserire che gli studi e le verifiche geotecniche, eseguite secondo quanto previsto dalla Vigente Normativa, hanno evidenziato la fattibilità preliminare degli interventi; in fase esecutiva dovranno comunque prevedersi ulteriori e più approfondite indagini geotecniche, che permettano una miglior caratterizzazione della situazione geologico-geotecnica di ciascun sito e di conseguenza un affinamento delle conoscenze delle interazioni fra le opere e il terreno.