Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative
GENERAZIONE POSSIBILE

Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Cavour, 7 - 20121 Milano
T: +39 02 62690471 F: +39 02 32066804
info@ferasrl.it; www.ferasrl.it
P.IVA 13393960151

Azienda con sistema di gestione qualità
certificato UNI EN ISO 9001:2008
certificatI n. 501008849 e 501008850



Regione Liguria
Comune di Calice Ligure, Orco Feglino, Mallare (SV)
Proponente F.E.R.A. S.r.l.

Parco eolico "Bric del Vento"

Progetto definitivo

2.1

Relazione Geologica, Idrogeologica Geotecnica

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. DARIO COSTANTINI
A.P. n. 466
data iscr. 01-08-2002

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
21/12/2021	Rev A	Prima emissione	D.Costantini	D.Costantini	G.Caroli

Comm. 81 **Elaborato:** CLG-2.1-A_ Relazione Geologica, Idrogeologica, Geotecnica.dwg **Scala:** VARIE

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.

GEOL.COSTANTINI DARIO
Studio geologia tecnica
Via Bellotto 16d/10 Quiliano (SV)
cosdar@gmail.com
Cell. 349/4006823

REGIONE LIGURIA

COMUNI DI CALICE LIGURE – ORCO FEGLINO - MALLARE

PROVINCIA DI SAVONA

REALIZZAZIONE PARCO EOLICO "BRIC DEL VENTO"
N° 7 AEROGENERATORI
PROGETTAZIONE DEFINITIVA
****

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA

ANNO 2021

IL TECNICO:

Dott. Geol. Dario Costantini



GEOL.COSTANTINI DARIO
Studio geologia tecnica
Via Bellotto 16d/10 Quiliano (SV)
cosdar@gmail.com
Cell. 349/4006823

SOMMARIO

1 PREMESSA 3

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5

4 ASSETTO GEOLOGICO 8

4.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE 8
4.2 ASSETTO GEOLOGICO PUNTUALE 12
4.2.1 Porfiroidi del Melogno 12
4.2.2 Scisti di Gorra 12
4.2.3 Coltri eluvio –colluviali 13

5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO 13

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 15

6.1 ACQUE SOTTERRANEE 15
6.2 ACQUE SUPERFICIALI 16

7 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICO MECCANICI DEI TERRENI 17

7.1 COLTRE DETRITICA ELUVIALE E PEDOGENICA 21
7.2 REGOLITE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO 21
7.3 FASCIA MILONITIZZATA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO 21
7.4 SUBSTRATO ROCCIOSO MEDIAMENTE ALTERATO 22
7.4.1 Analisi dei parametri di Bieniawski 22

8 SISMICITÀ 28

8.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA 32
8.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 32
8.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI 35
8.4 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO 35
8.5 VITA NOMINALE 36
8.6 CLASSI D'USO 36
8.7 PERIODO DI RIFERIMENTO 37
8.8 CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI 38
8.9 CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONE LIGURIA 51
8.10 ANALISI DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE AI SENSI DELLE DGR 535/2021 52
8.10.1 Recepimento delle linee guida nei comuni liguri 52
8.10.4 Analisi territoriale della suscettività a liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base 54
8.10.5 Verifica compatibilità previsioni urbanistico- edilizie nei Comuni non dotati di analisi liquefazione a corredo dello strumento urbanistico comunale 55

9 CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI 56

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOSTRATIGRAFICA 57

9.1 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI E DELLE ROCCE 57

9.1.1 Coltri detritiche eluviali - pedogeniche ... *57*
9.1.2 Regolite del substrato roccioso ... *57*
9.1.3 Substrato roccioso quarzo-sericitico destrutturato e milonitizzato ... *57*
9.1.4 Substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato ... *58*
9.1.5 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ... *58*

10 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONE DEI RELATIVI STATI LIMITE ... 60

10.1 ASPETTI GENERALI E TEORICI ... 60
10.2 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) ... 61
10.3 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) ... 62

11 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONE DEI RELATIVI STATI LIMITE - CODICI DI CALCOLO IMPIEGATI ... 63

11.1 DENOMINAZIONE ... 63

12 DETERMINAZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO ... 64

12.1 VALUTAZIONI SULLA MODALITÀ ESECUTIVE DEGLI SCAVI DI PROGETTO ... 64
12.2 ANALISI DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO DI PROGETTO ... 64
12.2.1 Modellazione geologica e geotecnica del pendio ... *64*
12.2.2 Verifica agli stati limite ultimi (SLU) ... *65*
12.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI INERENTI LE OPERE DI FONDAZIONE ... 90
12.4 NOTE ESECUTIVE INERENTI LA VIABILITÀ DI CANTIERE IN RIPORTO ... 90

13 TERRE E ROCCE DA SCAVO ... 92

14 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE IN FASE ESECUTIVA ... 93

15 CONCLUSIONI ... 94

1 PREMESSA

La presente *relazione geologica, idrogeologica e di fattibilità geotecnica* è stata eseguita nell'ambito del progetto di realizzazione di un nuovo parco eolico denominato "Bric del Vento", presso la loc. "Calice Ligure". Il progetto ricade sul confine che separa i territori comunali di Orco Feglino, Calice Ligure e Mallare.

La presente indagine fa riferimento alle nuove *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17.01.2018. Il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in zona sismica 3 ai sensi dell'Opcm 3519/06 (nuova classific. sismica reg. Liguria) e della conseguente Dgr. n. 216/2017. Poiché l'area ricade in zona assoggettata a vincolo idrogeologico ci si è attenuti inoltre ai dettami della L.R. 4/99 (vincolo idrogeologico).

La relazione è finalizzata alla caratterizzazione e alla costruzione del modello geologico, geomorfologico, idrogeologico del sito in relazione alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera. Ottenuta la documentazione tecnica necessaria sono stati eseguiti i sopralluoghi e le indagini in sito ritenuti maggiormente opportuni riferiti all'area di sedime allargata ad un intorno dimensionale sufficientemente significativo, in modo da delineare adeguatamente il contesto geologico, in relazione al tipo di intervento previsto, analisi che ha compreso anche un esame della stratigrafia locale e delle caratteristiche fisico meccaniche delle litologie presenti in loco.
Nella stesura sono stati inoltre valutati gli aspetti geotecnici legati alla stabilità dei versanti delle opere di maggiore impatto geologico.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per |'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018" -

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali perla resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002).

Legge regionale 4/99

Legge forestale regionale – vincolo idrogeologico

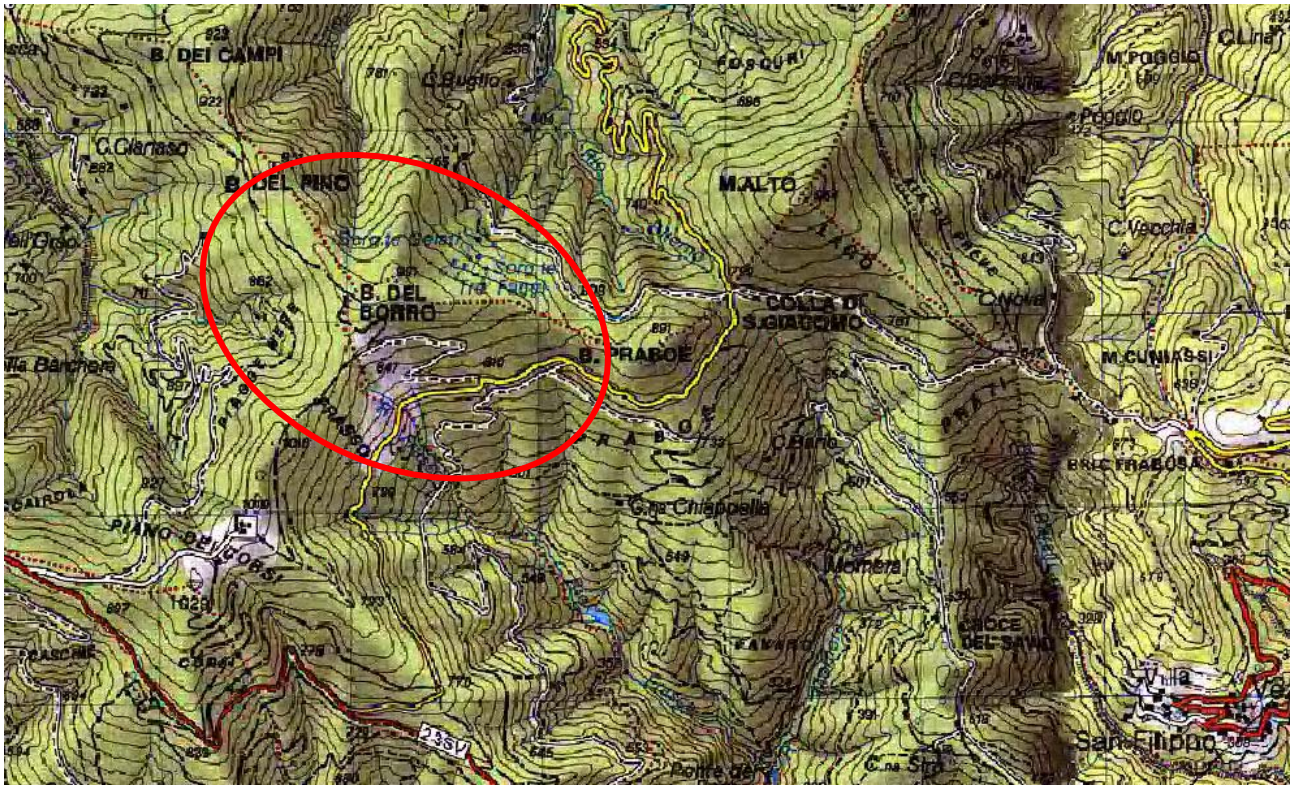
DGR 535/2021

Adozione delle Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree Interessate da Liquefazione (LQ) ed approvazione criteri tecnici integrativi alla DGR 471/2010.

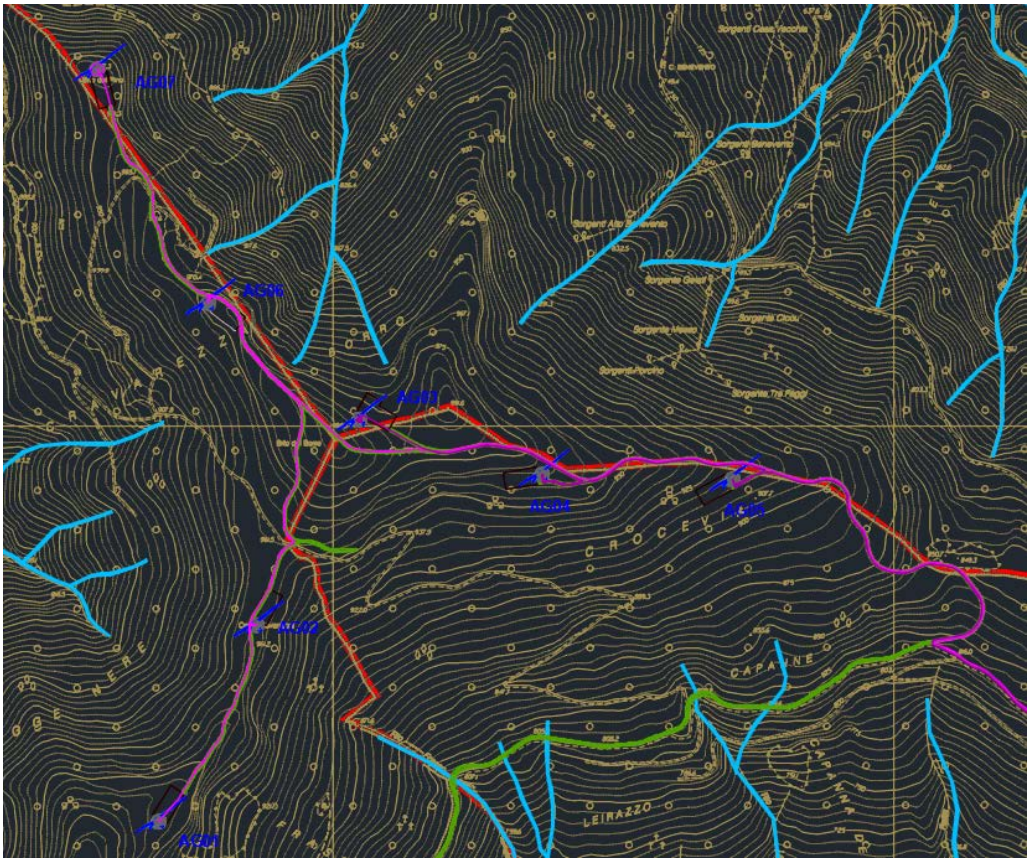
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area su cui si pone il progetto oggetto di indagine è localizzata lungo il crinale che separa i comuni di Calice Ligure, Mallare e Orco Feglino nei pressi della località "Pian dei Corsi.".
Nel dettaglio i sette aerogeneratori sono collocati lungo il crinale che parte dal Bric del Borro per poi dividersi in tre rami posti nel territorio di Mallare, Orco Feglino e Calice Ligure.
Il sito si sviluppa lungo le quote comprese tra i 900 e i 975 m sul livello medio del mare.
L'assetto morfologico generale è caratterizzato dalla presenza del crinale che separa le tre vallate, che impone pendenze di grado crescente scendendo dalla quota sommitale verso il fondovalle, in un ambito sostanzialmente non antropizzato, eccezion fatta per le piste boschive tagliafuoco e la sentieristica legata all'escursionismo e alla pratica del Down-Hill ciclistico.
Il progetto del nuovo parco comprende anche le piste di accesso di cantiere che si dipartono dalla SP23 in località "Pian dei Corsi" e il tracciato del cavidotto, che si sviluppa per circa 16 km in direzione Vado Ligure, attraversando il crinale e la viabilità secondaria che collega il comune di Orco Feglino con quello di Vezzi Portio e Vado Ligure.

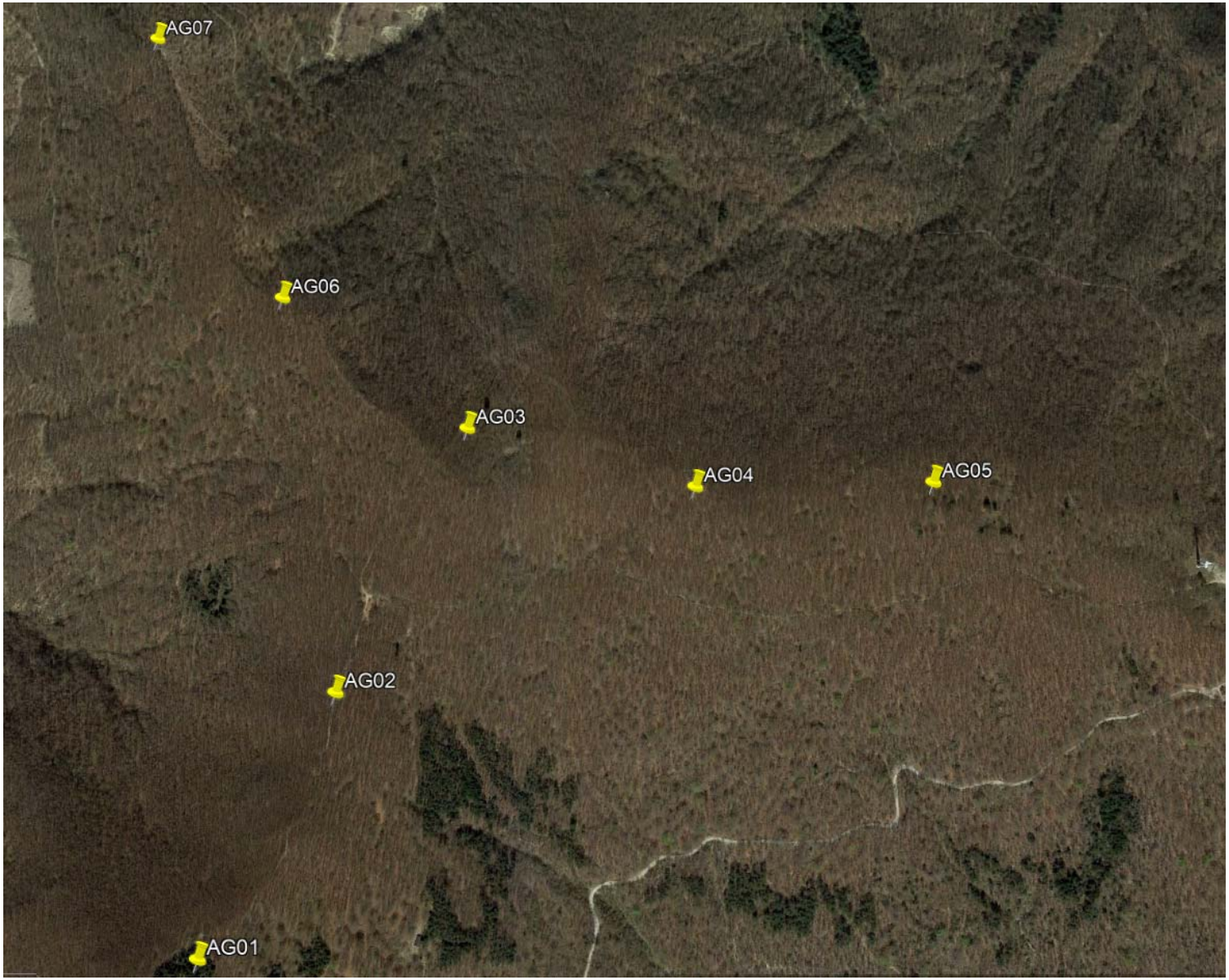
Inquadramento dell'area parco su cartografia topografica regionale 1:50000



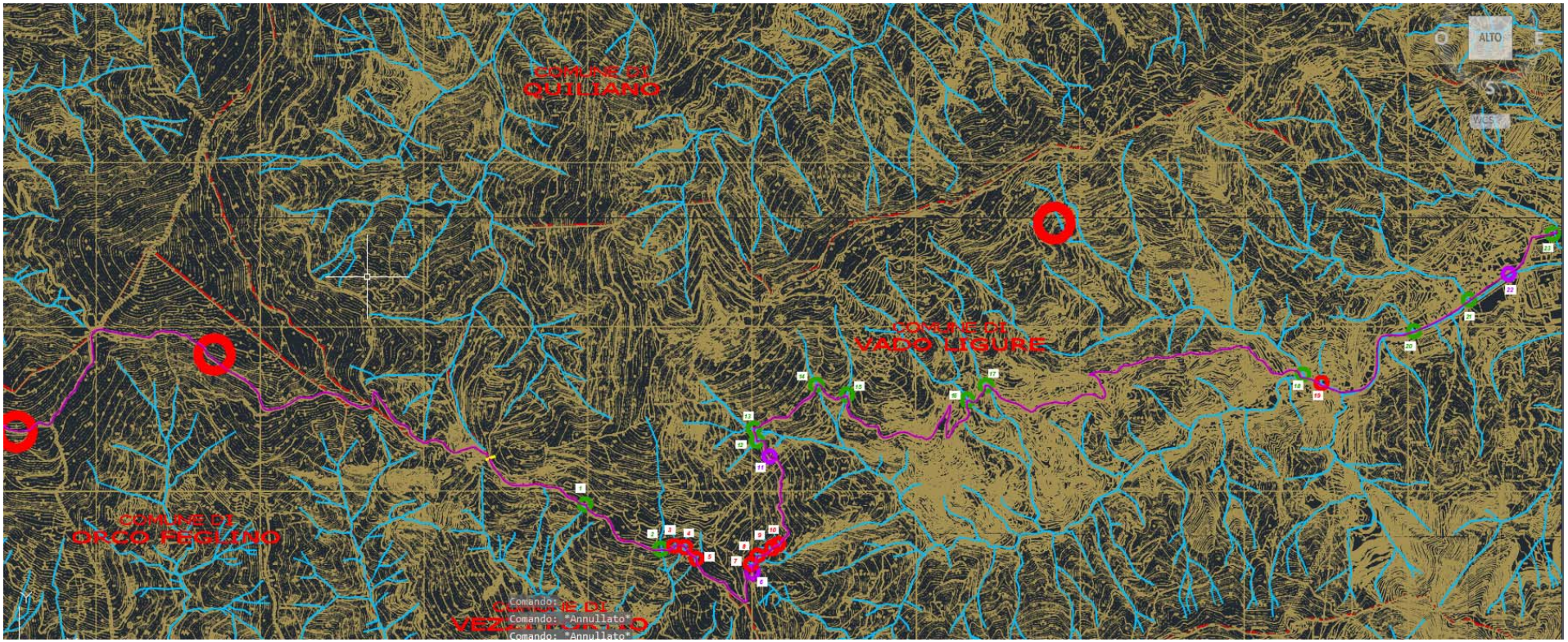
Inquadramento dell'area parco su CTR 1:10000



Posizionamento su foto aerea delle piazzole – torri eoliche



inquadramento cartografico cavidotto su base CTR



Traccia Cavidotto in progetto

4 ASSETTO GEOLOGICO

4.1 Assetto geologico generale

L'area insediativa ricade sul confine dei comuni di Calice Ligure, Orco Feglino e Mallare, il cui territorio comunale è interessato nella sua ossatura montuosa da vasti affioramenti rocciosi posti in una zona tettonicamente complessa delle alpi Liguri.

Le formazioni affioranti appartengono pressoché esclusivamente al Settore Orientale del Dominio Brianzonese Ligure. Sotto il profilo puramente geologico-strutturale e paleogeografico il Brianzonese Ligure, il cui dominio inizia a differenziarsi da quello Piemontese nel Trias superiore, costituisce il prolungamento verso SE, dal Colle di Tenda fino al mare, del Brianzonese classico e, come quest'ultimo, rappresenta al tempo stesso parte di un dominio paleogeografico e di un complesso di Unità Tettoniche che si ritiene provengano dalla porzione del paleocontinente europeo più prossima al margine del paleocontinente stesso.

Dal punto di vista paleogeografico si suole suddividere il Brianzonese in tre settori, che, procedendo verso l'avampaese, prendono le qualificazioni di interno, intermedio, esterno.

Anche la serie stratigrafica viene generalmente distinta in tre parti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permo-carbonifero e copertura meso-cenozoica.

- Il basamento cristallino (complesso polimetamorfico) è normalmente formato da ortogneiss derivanti da rocce acide essenzialmente intrusive (granitoidi) e subordinatamente effusive (rioliti), e da paragneiss e micascisti derivati da arenarie e da peliti. All'interno del territorio considerato è presente solo in una piccola finestra tettonica in gneiss in Loc. Manie (vasca acquedotto) appartenente alla Unità cristallina di Calizzano Savona.

- Il tegumento permo-carbonifero, di origine in parte vulcanica e in parte sedimentaria continentale, di età compresa tra i 300 e i 250 milioni di anni (MA), si interpone tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica.

Le successioni permo-carbonifere presentano grande variabilità di facies e di spessore, sebbene mediamente dell'ordine delle centinaia di metri; la sedimentazione fu accompagnata da un'importante attività tettonica, che generò fosse subsidenti, e da tre

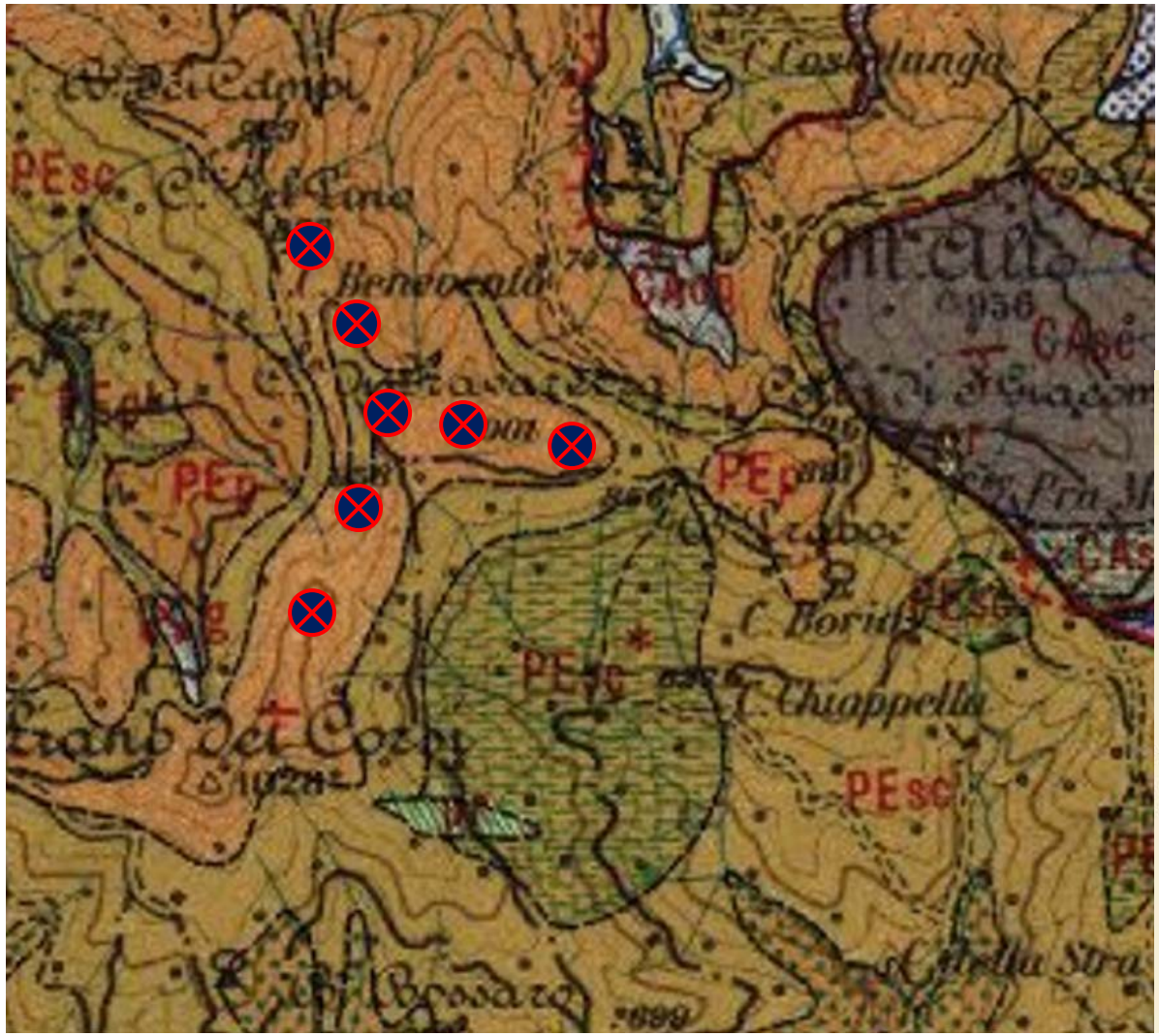
episodi vulcanici (precoce, intermedio, principale) caratterizzati da prodotti petrograficamente e chimicamente diversi. Nel bacino le formazioni metamorfiche di origine sedimentaria sono rappresentate dagli Scisti di Gorra, costituiti essenzialmente da metasedimenti. Essi sono rocce chiare di diversa origine: sedimenti quarzo-micacei, dominanti; tufiti e/o prodotti di rimaneggiamento di vulcaniti acide. Gli spessori, variabili, sono sempre dell'ordine di alcune centinaia di metri. L'età permiana superiore della formazione è solo presunta, poiché non è documentata paleontologicamente. Le Formazioni metamorfiche di origine vulcanica sono rappresentate dalla Formazione di Eze e dai Porfiroidi del Melogno. La formazione di Eze è costituita da prasiniti e scisti prasinitici, intercalati ai metasedimenti fini stefano-autuniani. Rappresenta l'episodio vulcanico intermedio, durante il quale vennero messi in posto volumi anche considerevoli di lave e piroclastiti andesitiche. I Porfiroidi del Melogno rappresentano la fase più importante - dal punto di vista del volume di materiali emessi - e più recente dell'attività vulcanica, considerata di età essenzialmente permiana inferiore. Sono formati essenzialmente da ignimbriti e sono caratterizzati da numerosi membri e litozone.

La serie stratigrafica Brianzonese è distinta in tre parti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permo-carbonifero e copertura meso-cenozoica. Il sito in esame, esteso ad un intorno geografico sufficientemente ampio, vede un diffuso affioramento di litologie appartenenti al tegumento permo-carbonifero, di origine in parte vulcanica e in parte sedimentaria continentale, che vede successioni litologiche con grande variabilità di facies e spessori mediamente compresi nell'ordine delle centinaia di metri.

- La Copertura meso-cenozoica (250-150 MA) La Copertura meso-cenozoica ha inizio nel Trias inferiore (250 MA) con la cessazione dell'attività vulcanica e l'ingressione marina e susseguente deposizione di materiali detritici molto rielaborati (Quarziti di Ponte di Nava), Queste sono quarziti scitiche, in banchi di spessore variabile, occasionalmente separati da livelli pelitici millimetrici verdi o violacei, depositi di spiaggia molto elaborati ricchissimi di quarzo, con rari ciottoli feldspatici, passanti transizionalmente a calcari e dolomie grigie di piattaforma del Trias medio (Ladinico, 220 MA). La successione calcareo dolomitica (Dolomie di S. Pietro dei Monti) è analoga a quelle delle coeve piattaforme orlanti il paleocontinente euro-asiatico-africano che si affacciava sul 8 golfo della Paleotetide; durante il Trias superiore (220-210 MA) cessa la subsidenza della piattaforma, che torna in condizioni prevalentemente sopratidali. Nel Giurassico inferiore

(210-180 MA) il dominio brianzonese ligure è totalmente emerso e soggetto ad erosione di tipo prevalentemente chimico (carsismo) che localmente porta ad una completa elisione dei termini triassici specie nei settori intermedio interni. Il sollevamento regionale, che verosimilmente si realizza con faglie a gradinata, è massimo nei settori interni, prospicienti il continente paleoeuropeo, cosicché nei settori esterni le dolomie ladiniche vengono preservate dall'erosione. È soltanto con il Giurassico superiore (Malm, 160-140 MA), in connessione con il progressivo ampliamento dell'oceano piemontese-ligure, che il clima distensivo diviene generalizzato: ne deriva una brusca sommersione, per sprofondamento delle terre emerse, di quasi tutto il dominio brianzonese. Salvo eventuali locali isole, non si hanno interruzioni tra la massa d'acqua dell'oceano e quella epicontinentale che si estende ampiamente verso W, al di sopra dei domini brianzonese, delfinese e provenzale. I sedimenti del Malm sono rappresentati da successioni di calcari marmorei chiari, ceroidi, ben stratificati (Calcari della Val Tanarello), trasgessivi sulle dolomie mesotriassiche nei settori esterni e trasgressivi sul tegumento in quelle intermedie (Castelvecchio-Cerisola) o interne. Si ha uno iatus (assenza di sedimentazione) per tutto il cretaceo (140-66 MA). Con le rocce della Formazione di Caprauna (Eocene, 55-35 MA), rese scistose dal metamorfismo alpino, e ormai molto poco diffuse, a causa della loro erodibilità, si chiude la successione brianzonese. Segue l'orogenesi alpina, che causa la laminazione ed il metamorfismo delle rocce brianzonesi ed il sovrascorrimento del Brianzonese interno su quello esterno.

Estratto cartografia geologica nazionale scala 1:100000



4.2 Assetto geologico puntuale

Gli affioramenti compresi nella fascia di territorio esaminata sono rappresentati essenzialmente da litologie permo-carbonifere provenienti da metamorfismo di rocce effusive e sedimenti fini. Il substrato roccioso si presenta sui luoghi di intervento si può ascrivere alla "Formazione dei Porfiroidi del Melogno e subordinatamente alla "Formazione degli Scisti di Gorra".

4.2.1 Porfiroidi del Melogno

I Porfiroidi del Melogno derivano da estese effusioni ignimbritiche acide a composizione da riolitica a riodacitica d'età Permiana, interessate da metamorfismo Alpino di bassa temperatura (scisti verdi) e localmente di bassa temperatura e alta pressione (facies di transizione scisti verdi - scisti blu). Il litotipo dei Porfiroidi del Melogno si presenta come roccia generalmente massiva con anisotropie planari sviluppate e, localmente molto pervasive e talora polifasiche: il litotipo più frequente si presenta di colore verde, se su superficie fresca, o marrone su superficie alterata, finemente scistosa, con tessitura a bande millimetriche, alternativamente biancastre e verdastre con relativamente pochi fenocristalli subcentimetrici di quarzo e K-feldspato. Nel complesso questi litotipi appaiono mediamente riconducibili alla IV Classe della Classificazione Rmr mentre le coltri detritiche associate appaiono generalmente a granulometria eminentemente fine.

4.2.2 Scisti di Gorra

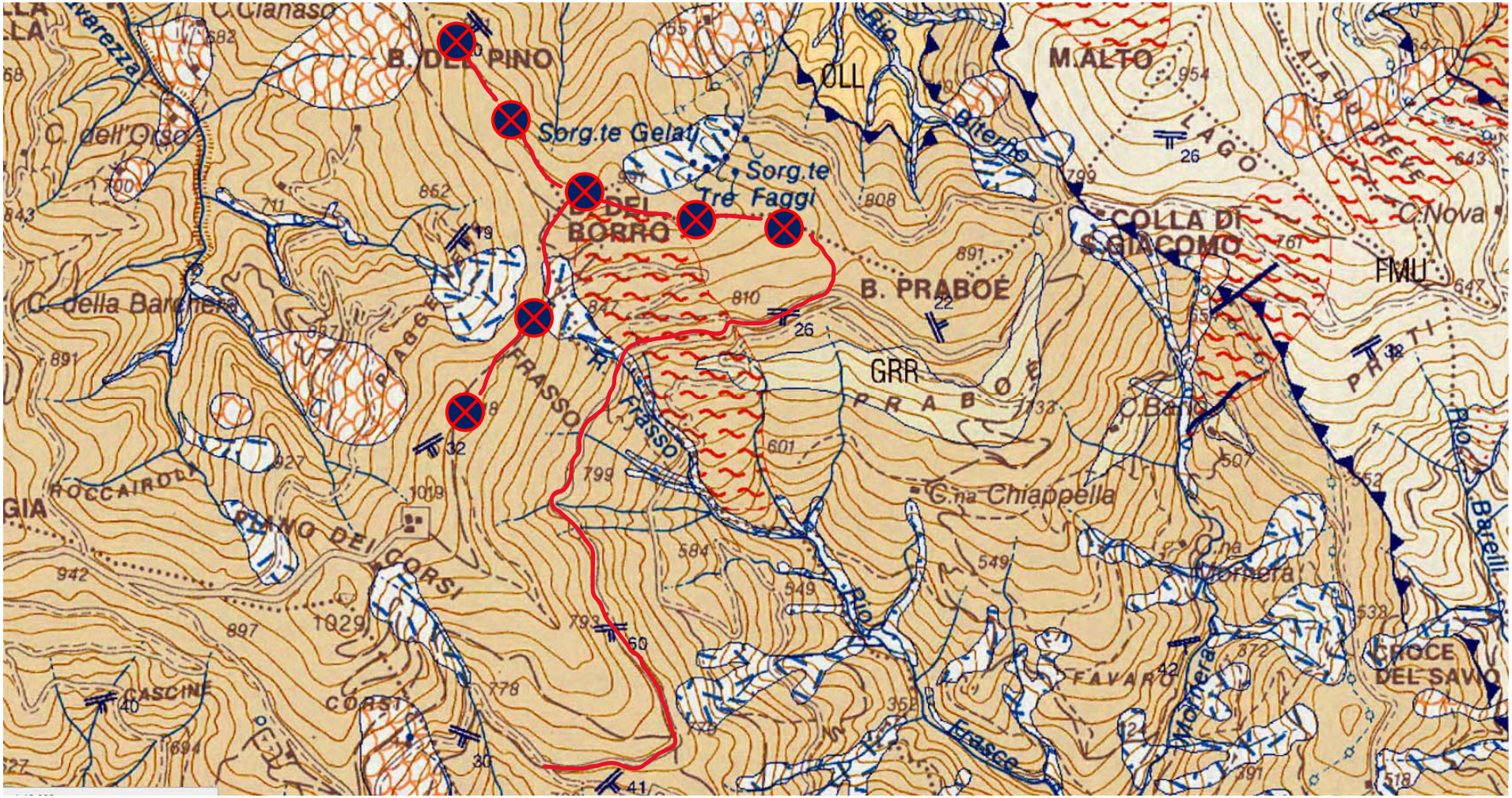
Dal punto di vista litologico sono costituiti da micascisti, Sericitoscisti, Cloritoscisti, Micascisti, Scisti quarzosi e Scisti gneissici a forte anisotropia planare originati da sedimenti fini arenaceo-pelitici, tufiti e piroclastiti depositatisi sia in ambiente marino che continentale, durante la detrizione del basamento cristallino e, successivamente interessati da metamorfismo alpino di basso grado (facies scisti verdi) e spesso con intercalazioni lentiformi, non cartografabili separatamente, di rocce metandesitiche della F. di Eze. In affioramento queste rocce appaiono caratterizzata da forte anisotropia planare legata ad una scistosità assai pervasiva ed elevata alterabilità superficiale con formazione di potenti manti detritico eluvio-colluviali a granulometria variabile, sebbene prevalentemente fine e comportamento eminentemente coesivo. Nel complesso gli ammassi rocciosi della facies filladico-scistosa sono mediamente riconducibili alla IV Classe della Classificazione Rmr.

Sul terreno le litologie appartenenti alle due formazioni succitate si presenta di colore tendente al grigio-verdarstro in relazione all'alterazione e si presentano di aspetto da mediamente a fortemente scistoso. L'andamento generale denota giaciture variabili in un range relativamente ampio e con orientazioni piuttosto disperse; é ben manifesta nell'ammasso una fratturazione ben evidente; le varie fratture e discontinuità sono tra loro circa ortogonali e tali da suddividere l'ammasso roccioso in lamine centimetriche di forma irregolare che spesso denotano bassissimi rapporti di coazione. In relazione all'andamento delle discontinuità si può osservare come l'ammasso roccioso possa essere assimilato ad un sistema a blocchi totalmente definiti dove assai raramente prevale l'aspetto massivo.

4.2.3 Coltri eluvio –colluviali

A tetto delle rocce metamorfiche è presente una potente coltre detritica di copertura e di natura eluvio-colluviale, costituita da materiali terrigeni alterati, di colore dal bruno chiaro al grigio cenere e spesso costituita da elementi lapidei propri del substrato scistoso (ghiaie e ciottoli scagliosi a spigoli vivi) immersi in una matrice limo-argillosa spesso abbondante.
Il passaggio con il bed-rock sottostante è assai graduale e discontinuo e passa attraverso uno spesso livello di roccia particolarmente alterata e fratturata (regolite).
L'andamento e gli spessori della coltre superficiale sono condizionati dall'andamento del substrato roccioso, dalla pendenza del versante e dal suo posizionamento rispetto al crinale.
Nell'area di sedime i suoli presentano nella generalità spessori variabili ma comunque di potenza compresa tra 2 e 6 m, con puntuali inspessimenti in concomitanza con gli avvallamenti del substrato.

Estratto carta geologica dettaglio (C.A.R.G. foglio Cairo Montenotte)



Ubicazione singole piazzole e torre eolica — **tracciati stradali di cantiere**

Legenda

UNITÁ TETTONOSTRATIGRAFICA DEL MONTE SETTEPANI

Porfiroidi del Melogno - Litozona delle rioliti calcalcaline

Ignimbriti riolitiche e riodacitiche molto scistose, di colore da grigio chiaro a verdino, a grana media, con fenocristalli di K-feldspato, quarzo e, subordinati, plagioclasio acido e biotite. Paragenesi metamorfica alpina a albite, pirosseno e anfibolo sodico, epidoto e fengite. Questa litozona può raggiungere spessori di alcune centinaia di metri (PDM_c).

PERMIANO INF.

PDM_c

Porfiroidi del Melogno - Litozona delle riodaciti

Rioliti, riodaciti e daciti, scistose, con K-feldspato, quarzo, plagioclasio, biotite e orneblenda e, talora, caratteristiche e abbondanti fiamme. Frequenti colate e brecce vulcaniche contenenti xenoliti poligenici. Lo spessore della litozona è di circa 100 metri. Associazione metamorfica alpina a albite, pirosseno e anfibolo sodico, epidoto e fengite (PDM_b).

PERMIANO INF.

PDM_b

FORMAZIONE DI EZE

Lave da andesitiche a trachiandesitiche, sino a andesiti basaltiche, brecce vulcaniche, anche grossolane, e prasiniti, intercalate negli Scisti di Gorra, con fenocristalli di plagioclasio, clino- e ortopirosseno, biotite e orneblenda. Paragenesi metamorfica alpina ad albite, pumpellyite, anfibolo sodico, epidoto e clorite. Le masse principali possono raggiungere spessori di poco inferiori ai 100 metri.

PERMIANO INF.

EZE

SCISTI DI GORRA

Quarzoscisti, scisti quarzo-sericitici e cloritici, con spessore complessivo superiore ai 100 metri, di colore prevalente biancastro, talora con grossi fenocristalli di K-feldspato e con intercalazioni di lave e piroclastiti andesitiche. Paragenesi metamorfica alpina a albite, clorite e cloritoide.

PERMIANO INF.

GRR

5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il sedime di progetto dell'area parco eolico, si colloca in una zona di alto morfologico, presso l'importante ed estesa dorsale morfologica che separa i comuni di Calice Ligure e Orco Feglino da quello di Mallare e quindi l'ambito tirrenico da quello padano.

L'ambito perimetrato nel progetto in esame si pone lungo la viabilità forestale che percorre il crinale e lungo le direttrici che la collegano con il fondovalle lungo la Strada provinciale SP 23.

L'acclività generale dei luoghi risulta compresa entro un grado medio-basso, che tende comunque ad aumentare scendendo lungo i versanti.

La morfologia locale vede la presenza di versanti boscati e zerbidi con quasi completa assenza di intervento antropico, ovvero le succitate piste forestali ad uso manutentivo del bosco.

Il rilievo geomorfologico eseguito in sito ha rilevato le caratteristiche salienti del sito, al fine di delinearne il grado di stabilità a livello puntuale e di versante. Tali caratteristiche sono di seguito elencate:

- ubicazione in ambito di crinale e versante con grado di pendenza crescente dall'alto verso il basso, (pendenze da basse a medie);
- profilo del terreno naturale irregolare con presenza di zone boscate e zone zerbide;
- presenza di scarpate naturali in discreto grado di conservazione e stabilità collegabili ad una sufficiente manutenzione dei luoghi, che evidenziano solo puntualmente la presenza dei terreni che costituiscono il substrato geologico locale in relazione ad uno spessore variabile da medio ad elevato delle coltri detritiche;
- assenza di fabbricati e manufatti al contorno;
- assenza di evidenti indicatori di ampi movimenti franosi attivi coinvolgenti grosse masse di terreno o di substrato;

L'analisi geomorfologica indica come il sedime di progetto si posiziona in una porzione di versante geomorfologicamente complesso con energia di rilevo di grado medio-bassa, in relazione al fatto sia di ricadere in una zona di transizione tra il crinale e il versante.

Allo stato attuale, l'assenza di indicatori geomorfologici che indichino uno stato di dissesto

in atto, consentono di asserire che il sedime denota una soddisfacente condizione di stabilità geomorfologica.

Tale condizione dovrà tuttavia essere attentamente preservata in relazione agli scopi di progetto, predisponendo tutti gli accorgimenti tecnico-esecutivi necessari affinché le procedure di scavo e movimento terra siano eseguite in armonia con la geomorfologia locale e non vadano a condizionare in senso negativo gli attuali equilibri geostatici.

Per quanto concerne lo sviluppo del cavidotto di collegamento con la cabina di trasformazione in comune di Vado Ligure, la scelta del tracciato è stata eseguita attenzionando le tematiche geomorfologiche e in particolare la suscettività al dissesto del percorso finale. In tal modo si sono evitati attraversamenti di aree in frana attiva e i passaggi in aree a suscettività al dissesto elevata (pg3a e pg3b) sono stati ridotti al minimo indispensabile. Questo consente di ritenere l'intervento ampiamente compatibile con gli assetti geomorfologici locali.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1 Acque sotterranee

Il posizionamento geografico del sito di intervento totalmente in ambito di versante.

I terreni presenti in sito si configurano essenzialmente secondo due modelli di permeabilità, ovvero:

- coltri detritiche superficiali, dotate in genere di permeabilità da media a alta; (K var. tra 10^{-3} / 10^{-4})
- substrato roccioso e regolite dello stesso dotati di permeabilità variabili ma comunque comprese in un intervallo basso o molto basso; (K var. tra 10^{-6} / 10^{-7})

k (m/s)	1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}			
Drenaggio	buono		povero	praticamente impermeabile
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati	terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici
		terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo		

Grado di permeabilità	*Valore di k* (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Le forti differenze tra i due coefficienti formano un contrasto di permeabilità che può dare origine a locali fenomeni di impregnazione delle coltri superficiali e della zona di regolite maggiormente alterata, specie nel caso di eventi meteorici di notevole entità.

Il contrasto di permeabilità e il posizionamento in ambiti a pendenze mediamente elevate non è sufficiente a consentire l'instaurarsi di falde acquifere sotterranee dotate di potenza, continuità ed estensione areale significativi.

In virtù della scarsa potenza complessiva della coltre detritica si possono verificare solo sporadiche impregnazioni di acque meteoriche presso gli strati di coltre e regolite di maggiore spessore, specie in concomitanza con eventi piovosi di particolare entità.
Nell'ammasso roccioso la circolazione delle acque si limita di fatto a fenomeni di ristagno limitati a particolari condizioni strutturali, ovvero presenza di fasce milonitiche o bande cataclasiche ad elevata continuità laterale che costituiscono lineazioni a maggiore permeabilità, e consentono una lentissima permeazione dei fluidi all'interno delle masse rocciose, senza tuttavia creare vere falde acquifere, dando luogo a un lento rilascio delle acque accumulate anche a media distanza temporale dagli eventi meteorici.
In genere quindi la circolazione delle acque sotterranee in sito risulta contenuta e tale da poter essere controllata nell'ambito della consueta procedura di regimazione e allontanamento delle acque che sarà comunque tassativa e dovrà essere accuratamente programmata.

6.2 Acque superficiali

In considerazione della complessiva bassa permeabilità dei terreni in sito, il ruscellamento superficiale appare la componente principale dei deflussi acquei presenti in loco.
Il sistema idrografico locale è rappresentato unicamente da linee di deflusso embrionale che nascono immediatamente a valle della zona di sedime. Presso l'asse vallivo sotteso dal sedime scorre il torrente Pora che si pone ad una distanza tale da interferire solo indirettamente sul sistema idrologico locale ma costituisce comunque l'asse verso il quale defluiscono tutte le acque drenate dal reticolo minore sopraccitato.

7 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICO MECCANICI DEI TERRENI

Al fine di determinare l'andamento stratigrafico del sottosuolo è stata prevista una specifica campagna geognostica eseguita da personale tecnico specialistico. Il direttore delle indagini geognostiche è stato il sottoscritto Dott. Geol. Dario Costantini e i risultati delle prove e degli accertamenti sono riportati in allegato a fine testo.

Il programma delle indagini geognostiche eseguite risulta propedeutico alla relazione geotecnica definitiva-esecutiva, nella quale le indagini dovranno essere necessariamente approfondite secondo i principi delle NTC 2018.

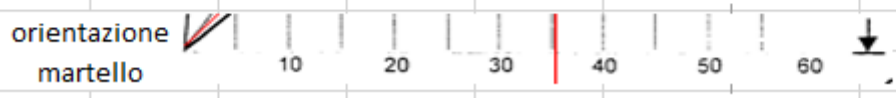
La scelta della tipologia di indagine maggiormente significativa per le necessità di questa fase progettuale è ricaduta su un'indagine sismica indiretta di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde S. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Raylegh, sono molto dispersive in un mezzo eterogeneo, propagandosi a velocità di fase e di gruppo in modo diversamente nel suolo. Tali onde, permettono di trasportare una quantità di energia artificialmente trasmessa superiore rispetto alle onde P ed S e quindi a sua volta avranno una attenuazione geometrica inferiore. Le onde di Raylegh raggiungono profondità dipendenti dalla lunghezza d'onda, infatti piccole lunghezze d'onde (alte frequenze) consentono di indagare porzioni più superficiali e viceversa.

La tecnica MASW è una tecnica attiva e non invasiva che permette di rispettare l'ambiente senza effettuare perforazioni e può essere impiegata anche in spazi di difficile accessibilità.

I risultati ottenuti hanno permesso una disamina sufficientemente approfondita della stratigrafia che caratterizza i singoli siti di intervento per profondità comunque significative lungo la verticale del centro-torre.

L'attività di indagine ha previsto inoltre un accurato rilevamento geologico-geomorfologico e un rilevamento geomeccanico speditivo presso gli sporadici affioramenti presenti lungo i singoli siti di intervento. Il rilevamento geomeccanico ha previsto l'esecuzione di misure e rilevamenti tramite sclerometro mod. L sulle rocce a minor grado di alterazione e scistosità.

Tabella riepilogativa indagine sclerometrica					
	prova 1	prova 2	prova 3	prova 4	prova 5
sito di indagine 1	32	35	31	36	35
sito di indagine 2	30	33	32	36	33
sito di indagine 3	34	38	35	35	36



In base alle risultanze delle suddette prove è stato possibile definire per linee generali la stratigrafia locale schematica del sottosuolo investigato che viene di seguito brevemente descritta per singola zona di indagine.

Si rimanda agli specifici allegati posti a fine testo per quanto concerne la restituzione grafica della carta degli affioramenti rocciosi e il report delle indagini sismiche.

Area Piazzola AG01 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0/-2.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0/-2.0 mt a -4.0/-5.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi terrigeni;*
- *da –4.0/-5.0 mt a -9.0/-10.0 mt –>substrato roccioso completamente milonitizzato e destrutturato, probabile fascia di disturbo tettonico;*
- *oltre -9.0/-10.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -15 mt dal p.c.)*

Area Piazzola AG02 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0/-2.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0/-2.0 mt a -8.0/-9.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi*

terrigeni;

- *oltre -8.0/-9.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -10 mt dal p.c.)*

Area Piazzola AG03 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0 mt a -2.0/-3.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi terrigeni;*
- *da –2.0/-3.0 mt a -4.0/-5.0 mt –>substrato roccioso completamente milonitizzato e destrutturato, probabile fascia di disturbo tettonico;*
- *oltre -4.0/-5.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -8 mt dal p.c.)*

Area Piazzola AG04 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0/-2.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0/-2.0 mt a -4.0/-5.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi terrigeni;*
- *da –4.0/-5.0 mt a -10.0/-11.0 mt –>substrato roccioso completamente milonitizzato e destrutturato, probabile fascia di disturbo tettonico;*
- *oltre -10.0/-11.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -15 mt dal p.c.)*

Area Piazzola AG05 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0/-2.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0/-2.0 mt a -5.0/-6.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi*

terrigeni;

- *da –5.0/-6.0 mt a -11.0/-12.0 mt –>substrato roccioso completamente milonitizzato e destrutturato, probabile fascia di disturbo tettonico;*
- *oltre -11.0/-12.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -16 mt dal p.c.)*

Area Piazzola AG06 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -4.0/-5.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -4.0/-5.0 mt a -20.0/-25.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato;*
- *oltre -20.0/-25.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -28 mt dal p.c.);*

Area Piazzola AG07 - Stratigrafia schematica

- *da P.C. a -1.0 mt -> terreni detritici eluviali e pedogenici- coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino scuro con presenza di vari ciottoli e ghiaie, di colore bruno argentato;*
- *da -1.0 mt a -2.0/-3.0 mt –> regolite del bed-rock - cappellaccio di alterazione del substrato roccioso fortemente alterato e destrutturato misto a elementi terrigeni;*
- *da –2.0/-3.0 mt a -6.0/-7.0 mt –>substrato roccioso completamente milonitizzato e destrutturato, probabile fascia di disturbo tettonico;*
- *oltre -6.0/-7.0 mt -> substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato con forte variabilità del grado di alterazione e fratturazione, che tende a decrescere con l'aumentare della profondità (bed-rock rigido posto a circa -17 mt dal p.c.)*

La geostratigrafia locale, pur differendo puntualmente per la differente potenza dei singoli strati, mostra una discreta omogeneità per la parametrizzazione geolitologica e geomeccanica dei materiali che la compongono, i quali sono di seguito riportati, raggruppati in quattro classi generalistiche.

7.1 Coltre detritica eluviale e pedogenica

La coltre detritica eluviale ad elevata componente pedogenica, presenta uno spessore medio compreso tra 0.5 e 2 m e sfuma nel regolite di alterazione del sottostante substrato lapideo.

Tali materiali denotano un consistente scheletro litico (costituito da trovanti di dimensioni anche pluridecimetriche), di natura petrografia analoga al substrato, immerso in una matrice di colore marroncino scuro a granulometria fine. Il terreno è quindi decisamente eterogeneo, tuttavia, sulla base di altre precedenti esperienze conseguite dallo scrivente nell'area in esame e verificate in back-analysis, i terreni sopraindicati possono essere inseribili nella classifica funzionale U.S.C.S. nei gruppi GM-SM (ghiaie e sabbie limose scarsamente plastiche) e nonostante una certa variabilità composizionale possono esserne definiti i seguenti parametri litotecnici:

- *Peso di Volume* $= \gamma =$ *17.0 – 19.0 kN/m³*
- *Coesione* $= c =$ *0 – 10 kpa*
- *Angolo di Attr. Int.* $= \phi =$ *25°-28°*

7.2 Regolite del substrato roccioso

In ragione della diversa consistenza a livello litologico dello strato di alterazione del bed-rock si forniscono di seguito i parametri che lo contraddistinguono, considerando il terreno molto più simile ad una coltre fortemente addensata che ad una vera e propria roccia.

Pertanto si ritengono adeguate le seguenti caratteristiche litologiche:

- *Peso di Volume* $= \gamma =$ *19.0 – 21.0 kN/m³*
- *Coesione* $= c =$ *15 – 30 kpa*
- *Angolo di Attr. Int.* $= \phi =$ *29° - 32°*

7.3 Fascia milonitizzata del substrato roccioso

Substrato roccioso quarzo-sericitico con elevatissimo grado di scistosità fortemente destrutturato e milonitizzato, costituito essenzialmente da alternanze di livelli argillo-limosi e livelli lamellari con rade fasce a maggiore componente massiva di estensione decimetrica

Si ritengono adeguate le seguenti caratteristiche litologiche:

- *Peso di Volume* $= \gamma =$ *20.0 – 22.0 kN/m³*
- *Coesione* $= c =$ *5 – 15 kpa*
- *Angolo di Attr. Int.* $= \phi =$ *26° - 29°*

7.4 Substrato roccioso mediamente alterato

Di seguito si espongono le caratteristiche strutturali e geomeccaniche dei livelli di substrato a minore componente di alterazione e fratturazione, in base alle evidenze desumibili dall'osservazione degli spaccati naturali che mostrano la disposizione strutturale dell'ammasso nelle sue zone a minore alterazione (tagli stradali) e dai quali è stato possibile effettuare un rilievo geostrutturale speditivo sufficientemente accurato e significativo. Tale substrato presenta significative variazioni nella densità di fratturazione e di alterazione dei litotipi che, unite all'estrema variabilità delle giaciture dei giunti, lo rendono classificabile come "ammasso roccioso a corpi parzialmente/totalmente definiti".
L'indice RMR cui conduce tale classificazione si dimostra di notevole importanza per dare un giudizio qualitativo-quantitativo sintetico sulle caratteristiche dell'ammasso roccioso nel confronti della stabilità dei versanti.I cinque parametri utilizzati dalla classificazione di Bieniawski e che permettono di giungere alla determinazione dell'indice RMR sono:

- *resistenza alla compressione monoassiale della roccia intatta,*
- *indice RQD (Rock Quality Designation);*
- *spaziatura dei giunti;*
- *condizione delle discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale di riempimento);*
- *condizioni idrauliche (afflusso acqua, pressione interstiziale).*

Ogni parametro è valutato in modo quantitativo e ad ognuno di essi è assegnato un indice parziale. La somma algebrica degli indici parziali relativi ai singoli parametri analizzati fornisce l'indice complessivo dell'ammasso roccioso (RMR) in base al quale sono definite cinque classi; per ogni classe è indicata una stima di massima del parametri di resistenza globale dell'ammasso roccioso.

7.4.1 Analisi dei parametri di Bieniawski

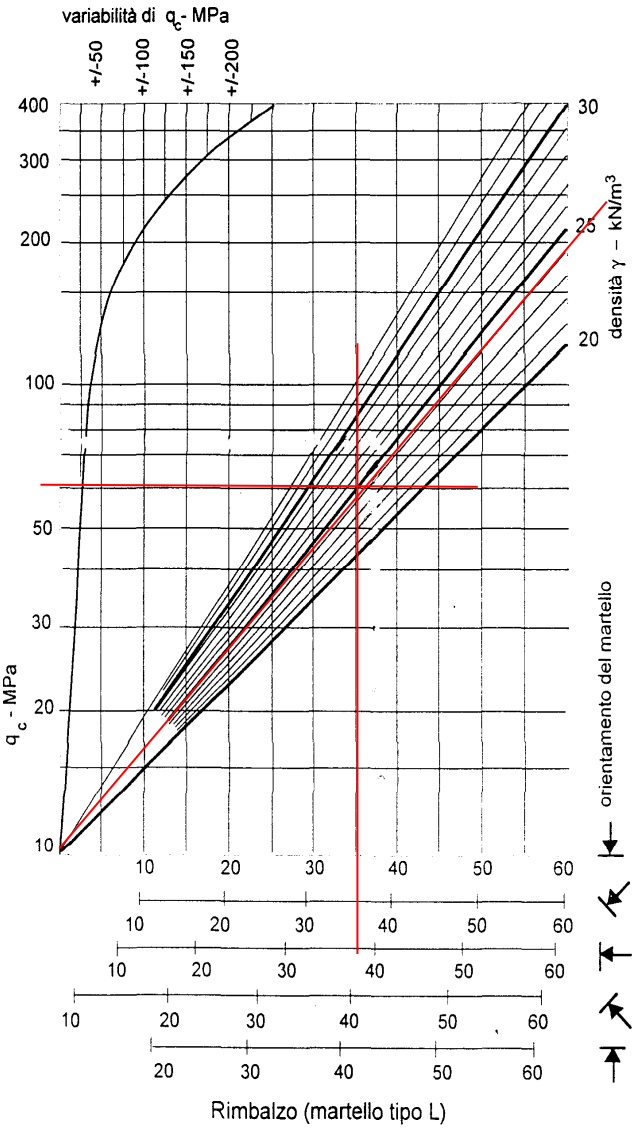
Determinazione parametri classificazione RMR

Il valore della resistenza a compressione monoassiale è stato desunto da prove di resistenza meccanica puntuali in affioramento sul substrato roccioso non alterato, attraverso idoneo sclerometro da roccia (Martello di Schimdt - mod. L). Il valore medio del rimbalzo è pari a 35. La resistenza del materiale è risultata bassa con valori di resistenza a compressione semplice pari a 200 kg/cmq (daN/cmq) facendo ricadere l'ammasso locale

nel campo delle "rocce deboli" secondo COATES "Classification of Rock for Rock Mecchanics" (1964) poichè tale resistenza è inferiore a 500 kg/cmq).

- *Valore medio più attendibile del rimbalzo: 35*
- *Resistenza a compressione semplice teorica: 50 MPa*
- *Dispersione media: -/+ 30 Mpa*
- *Valore di dispersione media a compressione semplice: 20 Mpa*
- *RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE SEMPLICE**: 30 MPa (300 DaN/cmq)***

CORRELAZIONE RIMBALZO DEL MARTELLO DI SCHIMDT E RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE



Si riporta in forma tabellare il range di valori maggiormente adattabile alle condizioni strutturali del litotipo in esame:

Litologia	**γ (t/mc)**	**σ (kg/cmq)**
Scisti riodacitici - porfiroidi	2,4	250 - 500

classe	descrizione	Kg/cm² (MN/m²)
A	Resistenza molto alta	>2000 (200)
B	Resistenza alta	1000/2000 (100/200)
C	Resistenza media	500/1000 (50/100)
D	**Resistenza bassa**	**250-500 (25/50)**
E	Resistenza molto bassa	>250 (>25)
		Rocce tenere 250/100 (25-10)
		Rocce molto tenere 100/50 (10 /< 5)

Tabella di riferimento della resistenza degli ammassi rocciosi in base alla resistenza a compressione uniassiale

Il fattore R.Q.D. (Rock Quality Designation) viene desunto dal rilevamento geomeccanico eseguito in zona.

Utilizzando la relazione e i dati del rilievo geomeccanico si perviene tramite la relazione:

RQD = 115- 3,3Jv (Palmstrom 1982)

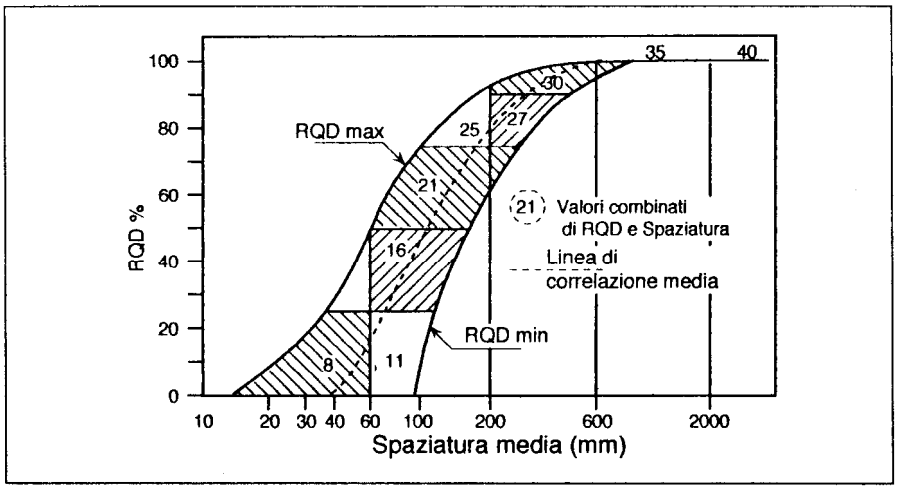
Dove Jv è il numero di fratture a mc di ammasso roccioso pertanto sostituendo si ottengono i valori del caso si ottiene:

Litologia	intervallo RQD	Jv	grandezza dei blocchi
Scisti riodacitici porfiroidi	15 - 30%	30	piccoli

La grandezza dei blocchi può essere apprezzata dalla seguente tabella e relativa figura esplicativa:

INDICE VOLUMETRICO DELLE DISCONTINUITA' (Jv)		
Classe	Jv (somma del numero di giunti per mc)	grandezza dei blocchi
A	<1	molto grandi
B	1-3	grandi
C	3-10	mediamente grandi
D	***10-30***	***piccoli***
E	>30	molto piccoli

La spaziatura media delle discontinuità è desunta dal rilevamento geomeccanico e correlata mediante grafici in cui vengono relazionati il fattore R.Q.D. e la spaziatura stessa. Vedi esempio sottostante.



Correlazione tra RQD e spaziatura.

Inserendo nel grafico il valore del fattore R.Q.D. ricavato in precedenza si ottiene un range di spaziatura compreso tra i 30 ed i 60 mm. Tali valori corrispondono effettivamente alle osservazioni di campagna e si ritengono pertanto attendibili.

La condizione delle discontinuità dei giunti è stata desunta dal rilievo in sito in relazione alle caratteristiche del materiale. Le superfici di discontinuità si presentano lisce con aperture minori di 1 mm con materiali di riempimento assenti o inferiori a 5 mm di spessore. Dato il litotipo le pareti sono lisce e di roccia tenera. Sulla base dei rilievi esperiti le condizioni idrauliche al contorno consentono di escludere la presenza di venute d'acqua non inquadrabili nella semplice umidità presente all'interno dell'ammasso.

I cinque parametri necessari alla classificazione del bed-rock possono quindi essere riassunti nella tabella di seguito riportata:

Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta Qc= 250 - 500 kg/cmq	*INDICE PARZIALE* = 4
R.Q D 15% – 30 %	*INDICE PARZIALE* = 3
Spaziatura dei giunti Fra 30 e 60 mm	*INDICE PARZIALE = 5-10*
Condizione delle discontinuità: Superfici lisce	*INDICE PARZIALE = 6*
Condizioni idrauliche: Solo umidità	*INDICE PARZIALE = 7*

La somma dei cinque indici parziali è compresa tra 25 e 30 e, secondo la classificazione degli ammassi rocciosi con i criteri proposti da Bieniawski (1976), complessivamente gli

affioramenti ricadono entro la classe IV con qualità dell'ammasso complessivamente scadente.

Pertanto si ritengono adeguate le seguenti caratteristiche litotecniche:

- *Peso di Volume* $= \gamma =$ *23.0 – 25.0 kN/m³*
- *Coesione* $= c =$ *60 - 100 kpa*
- *Angolo di Attr. Int.* $= \phi =$ *34° - 36°*

N.B. i valori caratteristici dei parametri geotecnici e geomeccanici saranno calcolati nella collegata nota geotecnica, i valori sopra indicati hanno unicamente funzione indicativa.

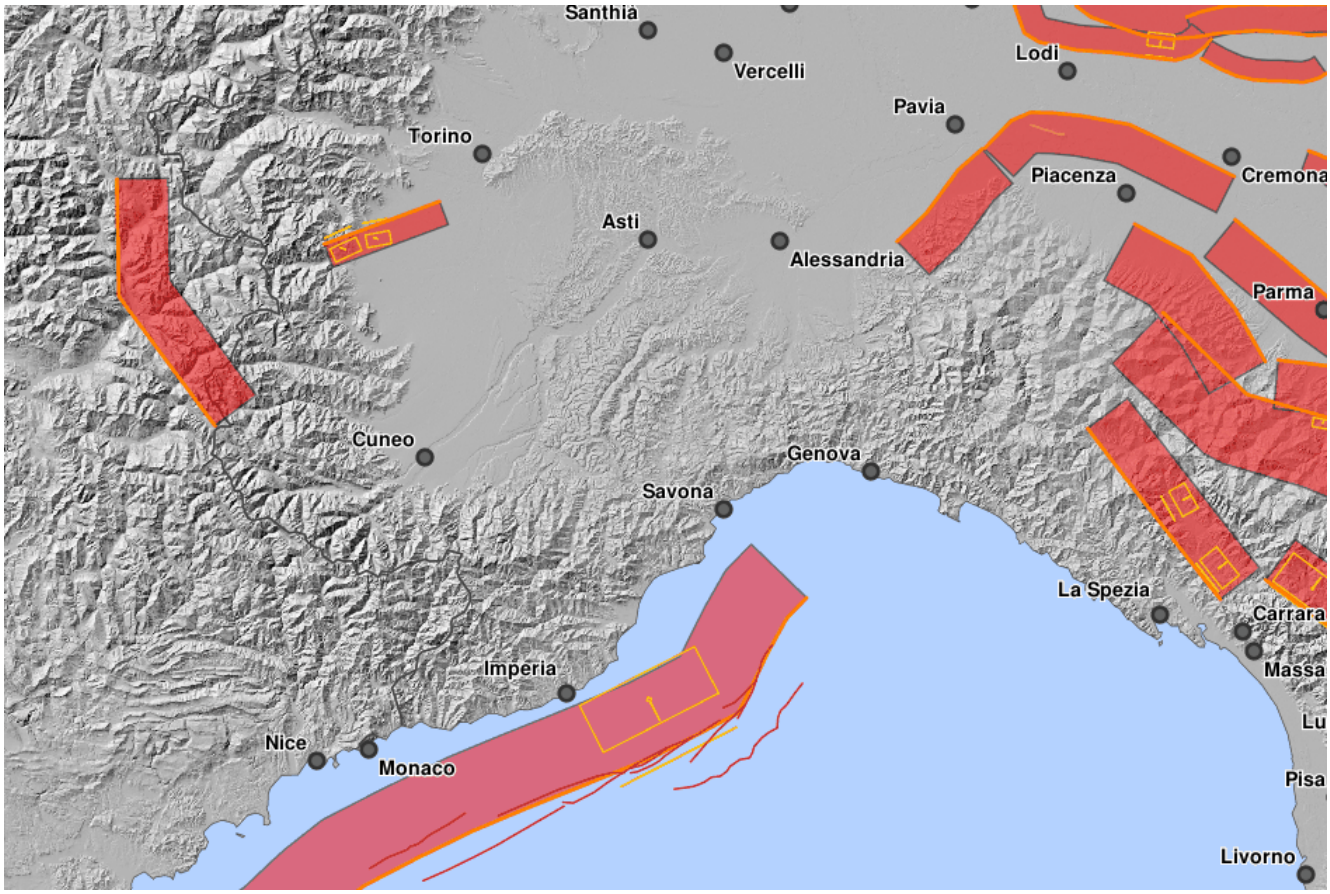
Tabella riepilogativa dei parametri di Bieniawski

PARAMETRI			CAMPO VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale	> 80 Kg/cm²	40-80 Kg/cm²	20-40 Kg/cm²	10-20 Kg/cm²	Non applicabile		
		Compressione uniassiale	> 2000 Kg/cm²	1000-2000 Kg/cm²	500-1000 Kg/cm²	250-500 Kg/cm²	100-250 Kg/cm²	30-100 Kg/cm²	10-30 Kg/cm²
	INDICE		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	INDICE		20	17	13	8	3		
3	SPAZIATURA GIUNTI		> 3 m	1-3 m	0,3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	INDICE		30	25	20	10	5		
4	CONDIZIONE GIUNTI		*Superfici molto* scabre non continue. Pareti roccia dura	*Superfici scabre* Apertura < 1 mm Pareti roccia dura	*Superfici scabre* Apertura < 1 mm Pareti roccia dura	*Superfici lisce* o laminate o riempimento < 5 mm o apertura 1–5 mm Giunti continui	*Riempimento tenero* spessore > 5 mm o giunti aperti > 5 mm Giunti continui		
	INDICE		25	20	12	6	0		
5	CONDIZIONI *IDRAULICHE*	Afflusso per 10 m lunghezza tunnel	Assente		< 25 litri/min	25-125 litri/min	> 125 litri/min		
		Rapp. Pressione acqua nei giunti / Soll. nat. in situ	0		0,0-0,2	0,2-0,5	< 0,5		
		Condizioni generali	Completamente asciutto		Solo umidità	Acqua in debole pressione	Severi problemi idraulici		
	INDICE		10		7	4	0		

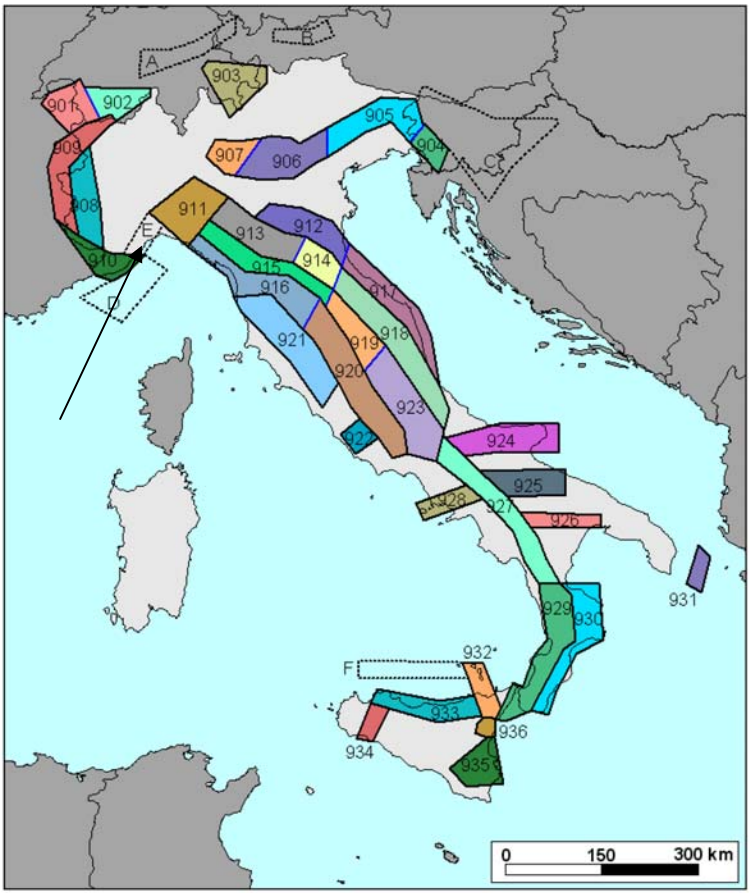
N = Σ ni	0–25	25–50	50–70	70–90	90–100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITÀ DELL'AMMASSO	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
c Kg/cmq	> 1	1–1,5	1,5–2,0	2,0–3,0	> 3,0
φ	< 30°	30°–35°	35°–40°	40°–45°	> 45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTÀ DI SCAVO	nessuna difficoltà	può essere cavato facilmente Frammentazione notevole	discrete difficoltà	si cava con difficoltà Frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T L m	10 min 0,5	5 ore 1,5	1 settimana 2	6 mesi 4	10 anni 5

8 SISMICITÀ

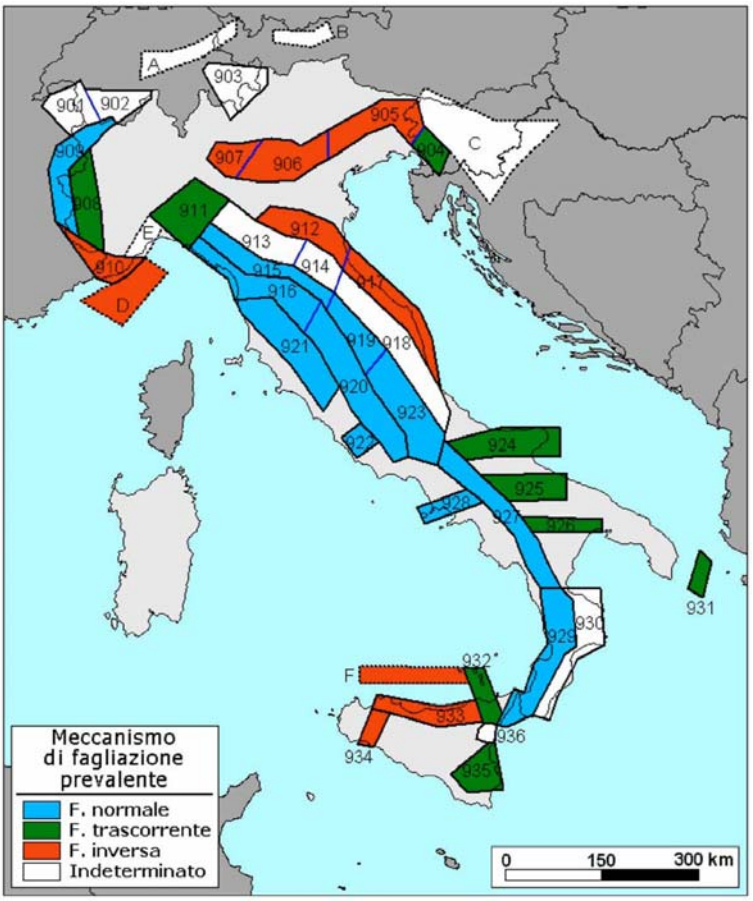
La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (G.N.D.T.), considerando i terremoti che ricadono nella zona sismogenetica di competenza. Si fa riferimento per quanto attiene per quanto attiene al quadro sismotettonico della Liguria occidentale alle analisi eseguite dall'INGV che individuano la presenza di faglie considerate attive e possibili sorgenti sismo genetiche. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismo genetiche riconosciute dell' Italia Nord Occidentale.



Le zone sismogenetiche s'individuano sulla base dell'omogeneità delle caratteristiche geologiche, geofisiche e di sismicità storica. Ciascuna zona è caratterizzata da un sistema di strutture sismogenetiche consistente in uno o più sistemi di faglie maggiori, responsabili degli eventi a più alta energia, e numerose faglie minori, responsabili degli eventi a più bassa energia.

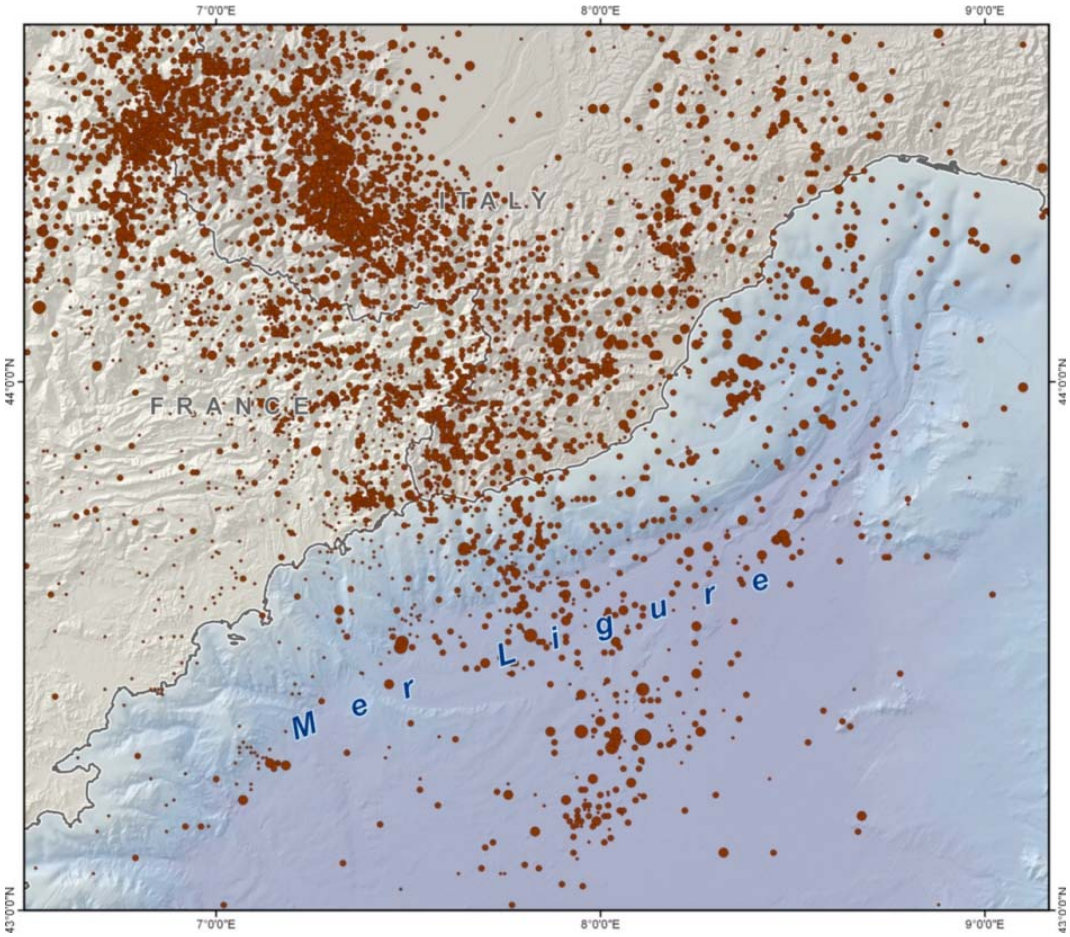


Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano – (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - 2004)



Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche che compongono la zonazione sismogenetica ZS9. L'assegnazione è stata fatta su una combinazione dei meccanismi focali osservati con dati geologici a varie scale (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - 2004)

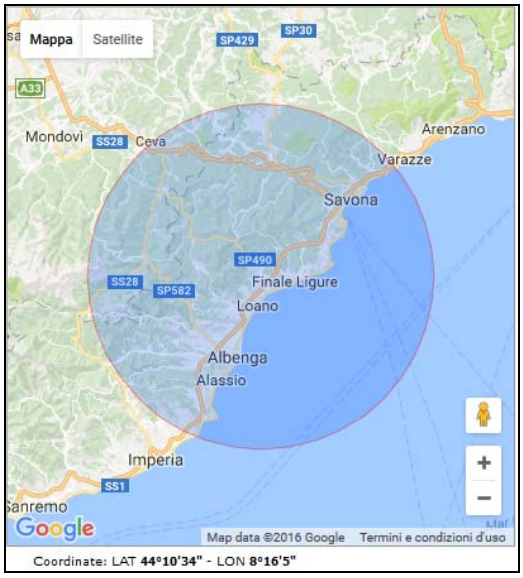
Le aree di maggiore attività sismica della Liguria Occidentale sono circoscritte alla parte centrale del Mar Ligure e ad una o più fasce in corrispondenza della scarpata continentale e del suo piede. In terra, il più significativo allineamento, con andamento NW-SE, si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera.



Sismicità dell'area nel periodo 1060-2004. La gran maggioranza dei meccanismi focali noti è di natura compressiva, trascorrente o transpressiva.

La provincia di Savona è considerata sin dai tempi storici un'area con attività sismica non particolarmente significativa. I due eventi principali che hanno interessato la Liguria occidentale sono il terremoto del Nizzardo del 1564 e quello del Mar Ligure del 1887. Questo ultimo evento, di magnitudine Mw = 6,9 (GUIDOBONI et alii, 2007), ha determinato gravi danni (legati anche a fenomeni di amplificazione sismica locale) nella provincia di Imperia e nella parte più occidentale della provincia di Savona. Per quanto riguarda l'analisi della sismicità attuale, si può fare riferimento ai lavori dell'Università di Genova (Eva et alii, 2003), in cui sono stati considerati tutti i dati rilevati nel periodo 1983 - 1999 dalla rete sismica regionale (e da quelle francesi localizzate lungo il margine occidentale delle Alpi Occidentali). In totale per l'area della Liguria Occidentale, sono stati localizzati oltre 7000 eventi con $1.5 \leq M \leq 5.0$.

La sismicità è generalmente bassa ma con scosse di una certa frequenza, ad esempio si ricordano le sequenze recenti:



	data ora UTC	MAG	distretto	dist. in km
1)	27/01/2017 14:59:59	1,4	Savona	17,12
2)	27/01/2017 10:23:50	1,1	Cuneo	22,21
3)	25/01/2017 08:41:41	1	Cuneo	22,89
4)	21/01/2017 21:55:38	1,4	Cuneo	29,36
5)	10/12/2016 23:18:21	1,1	Cuneo	23,82
6)	30/11/2016 10:04:48	1,1	Savona	12,04
7)	04/11/2016 16:01:07	0,7	Savona	13,43
8)	19/10/2016 13:52:57	1,1	Savona	14,60
9)	19/10/2016 08:23:09	0,8	Savona	21,71
10)	19/10/2016 08:06:48	1,1	Cuneo	20,96
11)	07/10/2016 09:44:16	1,3	Savona	15,10
12)	27/09/2016 14:05:49	1,1	Savona	13,90
13)	21/09/2016 08:32:51	1,5	Cuneo	21,65
14)	20/09/2016 05:28:48	1,7	Costa Ligure centro occidentale (Sa...	22,87
15)	12/09/2016 07:55:47	0,9	Cuneo	19,72
16)	09/09/2016 14:00:03	1,1	Savona	13,90
17)	10/04/2015 03:48:01	2,4	Riviera di ponente	2,09
18)	10/04/2015 03:45:30	2	Riviera di ponente	7,63
19)	10/04/2015 03:42:37	2	Riviera di ponente	4,93
20)	10/11/2014 17:02:52	2,5	Mar Ligure	22,34
21)	10/11/2014 17:01:49	2,4	Mar Ligure	22,74
22)	03/04/2014 10:33:25	3,4	Mar Ligure	29,71
23)	10/02/2014 13:37:46	2,6	Mar Ligure	25,48
24)	09/02/2014 22:59:43	2,2	Mar Ligure	25,40
25)	09/02/2014 22:46:34	2,1	Riviera di ponente	15,98

- **SISMICITA' RELATIVA ALLA ZONA DI CALICE LIGURE – ORCO FEGLINO - MALLARE**

Ai fini della caratterizzazione sismica di un'area, la distribuzione spazio-temporale dei terremoti per ciascuna zona sismo-tettonica riveste un ruolo di notevole importanza. Per la definizione della storia sismica sono stati consultati i cataloghi sismici pubblicati dall'Istituto Nazione di Geofisica e Vulcanologia (INGV) disponibili in rete; nello specifico si è fatto riferimento al:

- CPTI11 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (ROVIDA et alii, 2011);
- DBMI11 - Database Macrosismico Italiano (LOCATI et alii, 2011).

Ai fini dell'analisi della sismicità recente dell'area sono stati presi in considerazione anche gli eventi registrati dalle reti di monitoraggio delle Alpi Sud Occidentali sia italiane che francesi distribuite in prossimità del confine italo-francese (es. Dipteris, LDG, ReNaSS).

In sostanza, in tutta la Riviera di Ponente le notizie sulla sismicità storica riguardano terremoti di elevata magnitudo con epicentro a mare. La massima energia degli eventi sismici viene liberata a mare, sul margine e entro il Bacino.

In conclusione si può affermare che una sismicità di varia intensità interessa tutto il margine ligure alpino e gran parte della piana bacinale del Mar Ligure, con una certa concentrazione nell'area in esame. I meccanismi focali noti sono, prevalentemente, di tipo compressivo o transpressivo. Associando questi dati ai dati sulla tettonica dell'area del ponente ligure si può prendere in considerazione uno scenario di riattivazione in

compressione (serraggio) di tutto il Bacino Ligure p.d., senza peraltro escludere l'importanza di altri meccanismi geodinamici agenti sulla catena e sulla costa. Il quadro sismotettonico secondo le analisi dell'INGV individuano quindi, per il territorio di parte della provincia di Savona nel settore di Levante, un livello di rischio basso, tuttavia non possono escludersi terremoti anche di una certa intensità.

8.1 Valutazione dell'azione sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al "sito" di costruzione. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo "periodo di riferimento" V_R (espresso in anni), in un specifico sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" ***PVR***.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g, F_o e T^*_C per nove distinti periodi di ritorno T_R; tale calcolo viene determinato via software, conosciute le coordinate geografiche in gradi decimali.

8.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

È necessario tenere conto delle condizioni topografiche e delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie topografica orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si definiscono:

Effetti stratigrafici Legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni,alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

Effetti topografici Legati alla configurazione topografica del piano campagna.

Considerando le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni come chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_S.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Viene attribuito al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella Tabella 3.2 II e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2 III

Tab. 3.2.II-III (NTC) Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Il substrato geologico è caratterizzato litotipi scistosi, sottoposti a uno strato di coltri detritiche eluvio-colluviali di spessore mediamente compreso tra 2 e 5 mt. Il valore di Vs_{eq} è stato determinato mediante riferimenti a prove sismiche di tipo MASW, presso ogni singola zona di intervento.

Le indagini preliminari hanno premesso di inserire il sottosuolo fondazione nella **categoria B** ovvero *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)*".

N.B. in ragione dei risultati ottenuti dalle indagini succitate si ritiene necessario un approfondimento della reale categoria stratigrafica, da attuarsi durante le indagini geognostiche che dovranno necessariamente prevedersi nelle successive fasi di progetto esecutive.

Per configurazioni morfologiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab.3.2.IV (NTC) Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤i ≤30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Sulla base dei dati morfologici del sito si può inserire la superficie topografica nella:

categoria T3 *"Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤i ≤30° " per le piazzole AG01 – AG02 – AG04 – AG05 – AG06 – AG07*

categoria T2 *"pendii e rilievi isolati con inclinazione media i > 15°" per la piazzola AG03*

8.3 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta. Specificamente, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente **$S = S_S \times S_T$** dove:

S_S = coefficiente amplificazione stratigrafica (vedi Tab.3.2.II-III-NTC)

S_T = coefficiente amplificazione topografica (vedi Tab.3.2.VI- NTC)

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti **S_S** e **C_C** possono essere calcolati, in funzione dei valori di **F_o** e **T** x **C** relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nella quale **g** è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico **S_T** riportati nella Tab. 3.2.VI (NTC), in funzione della categoria topografica precedentemente definita in relazione dell'ubicazione dell'intervento.

Tab. 3.2.V NTC - Espressioni di SS e di CC

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80 \cdot$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.VI NTC - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

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

8.4 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stati limite in generale:

SLU: stato limite ultimo -> il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso;

SLE: stati limite di esercizio -> il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile;

In condizioni sismiche/dinamiche gli stati limite di cui sopra si suddividono ulteriormente come di seguito indicato:

SLU stato limite ultimo dinamico -> SLV , SLC

SLE stato limite di esercizio dinamico -> SLO, SLD

Dove:

SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso

SLO = Stato Limite di Operatività

SLD = Stato Limite di Danno

8.5 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 Tab. 2.4.I (NTC).

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Sulla base dei dati in esame i manufatti in oggetto (realizzazione di torre eolica e annessa piazzola di servizio) sono classificabili come opere ordinarie ovvero nella seconda casistica di tipologia d'opera e pertanto **la V_N è definibile come ≥ 50 anni.**

8.6 Classi 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.

Sulla base dei dati in esame il progetto ha come fine la realizzazione di torri eoliche e annesse piazzole di servizio e viabilità di cantiere, ovvero opere senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. La tipologia ricade pertanto nella **classe d'uso II.**

8.7 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R.

Il periodo di riferimento 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 è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella sottostante tabella:

Valori del coefficiente d'uso CU

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

La tabella sottostante consente l'interpolazione diretta per il ricavo di V_R, partendo dalla

conoscenza di V_N, della classe d'uso e quindi di C_U

Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤10	35	35	35	35
≥50	≥35	≥50	≥75	≥100
≥100	≥70	≥100	≥150	≥200

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

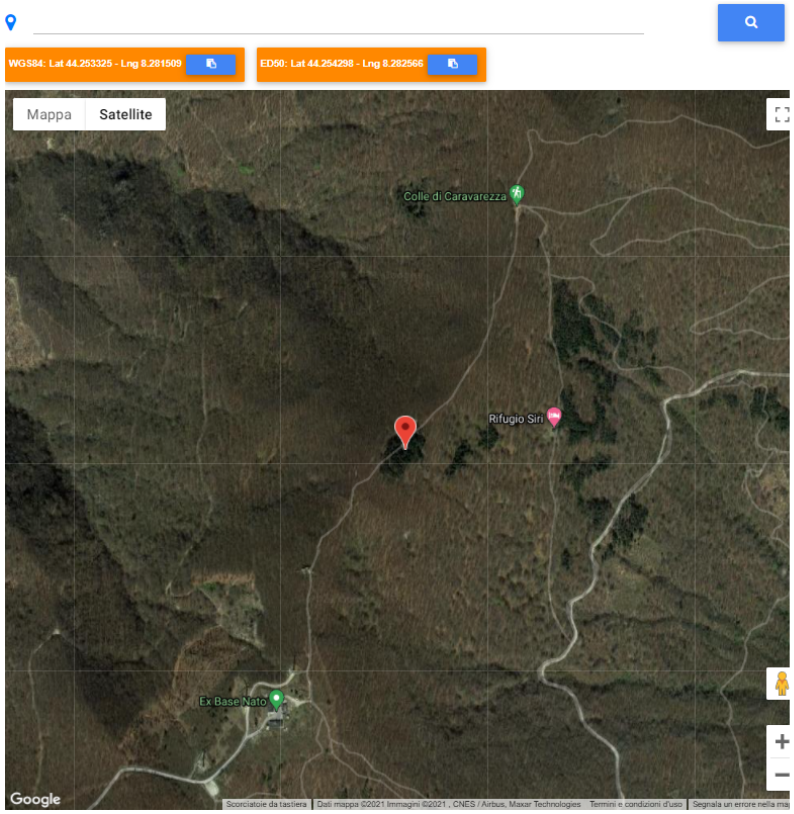
	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	Coeff. C_U →	0,70	1,00	1,50	2,00
TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	V_R			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi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

Nel caso in esame l'interpolazione dei dati consente di definire ***VR* = 50 anni.**

8.8 Calcolo dei parametri sismici

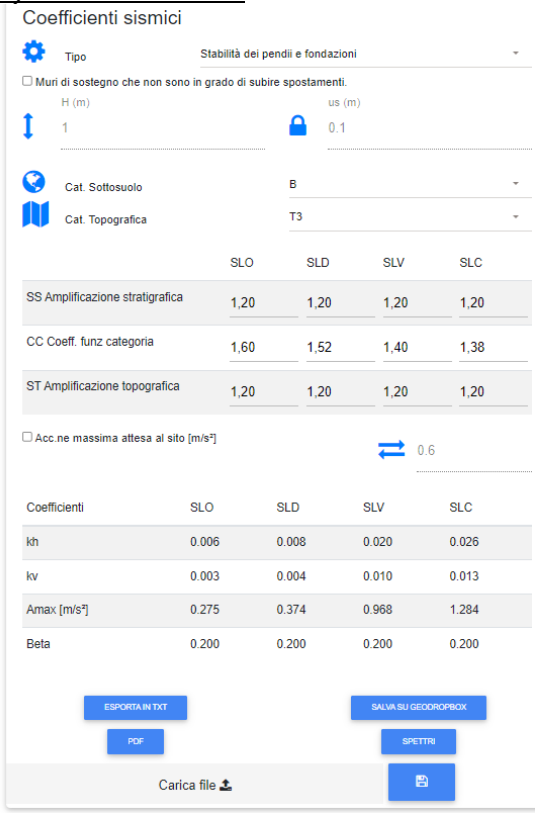
Il calcolo dei parametri sismici si basa sui dati generali di cui ai precedenti paragrafi e utilizza il software di calcolo gratuito e online messo a disposizione dalla società GEOSTRU. Di seguito si riporta la maschera finale di calcolazione, nella quale sono contenuti i valori caratteristici di a_g, F_o e **T** x **C** nonché i valori dei coefficienti **kh**, **kv**, **Amax** e **Beta** per l'area di sedime, calcolate sia per le strutture di fondazione che per opere di sostegno.

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG01***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.619	0.156
Danno (SLD)	50	0.027	2.548	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.069	2.582	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.091	2.590	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.275	0.374	0.968	1.284
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,254298

longitudine: 8,282566

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 2893,187

Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 3746,877

Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 5002,022

Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 4394,306

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,619
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,027 g
Fo: 2,548
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,069 g
Fo: 2,582
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,091 g
Fo: 2,590
Tc*: 0,317 [s]

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,275
Beta: 0,200

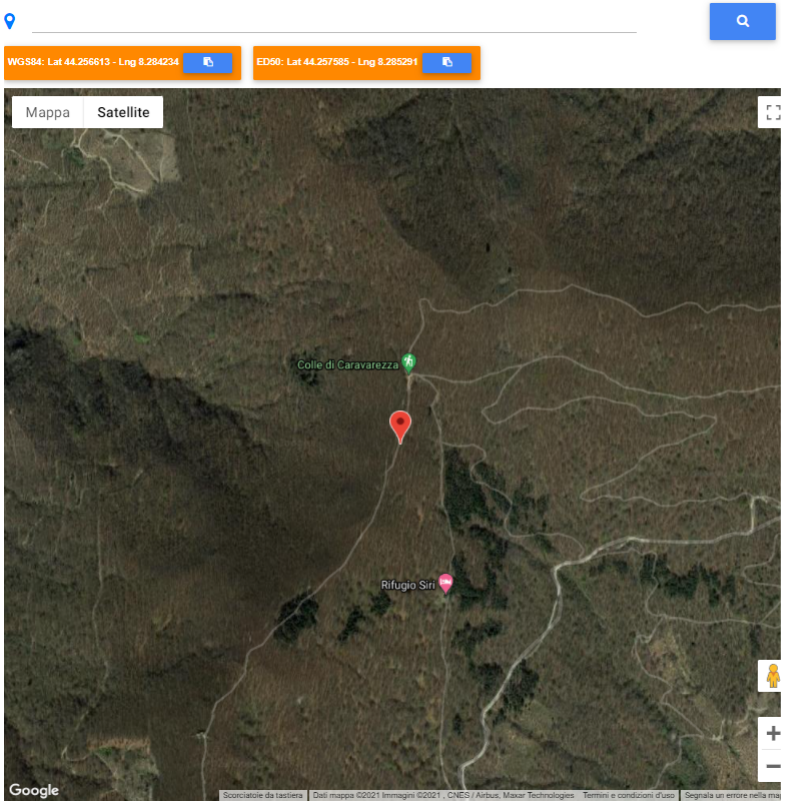
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,374
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,968
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,284
Beta: 0,200

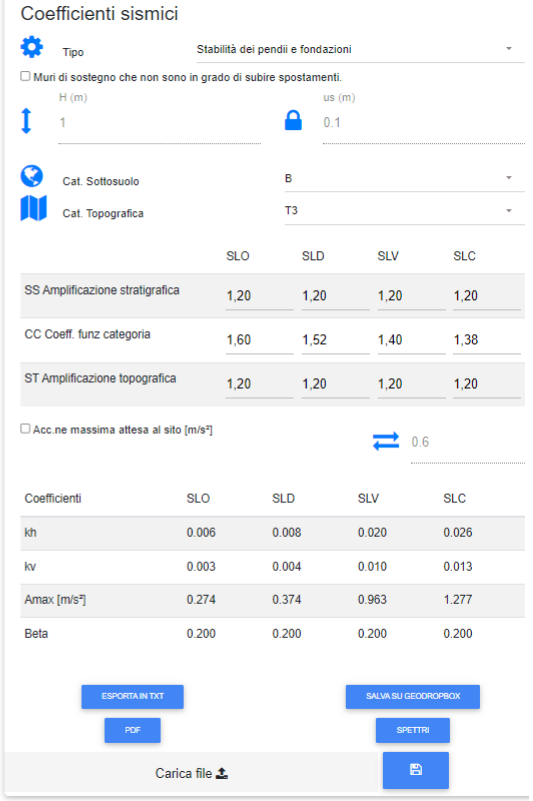
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG02***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.619	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.549	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.582	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.592	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.274	0.374	0.963	1.277
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.
latitudine: 44,2575854197703
longitudine: 8,28529148092781
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 2893,905
Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 3374,409
Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 5126,029
Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 4818,820

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,619
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,549
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,582
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,592
Tc*: 0,317 [s]

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,274
Beta: 0,200

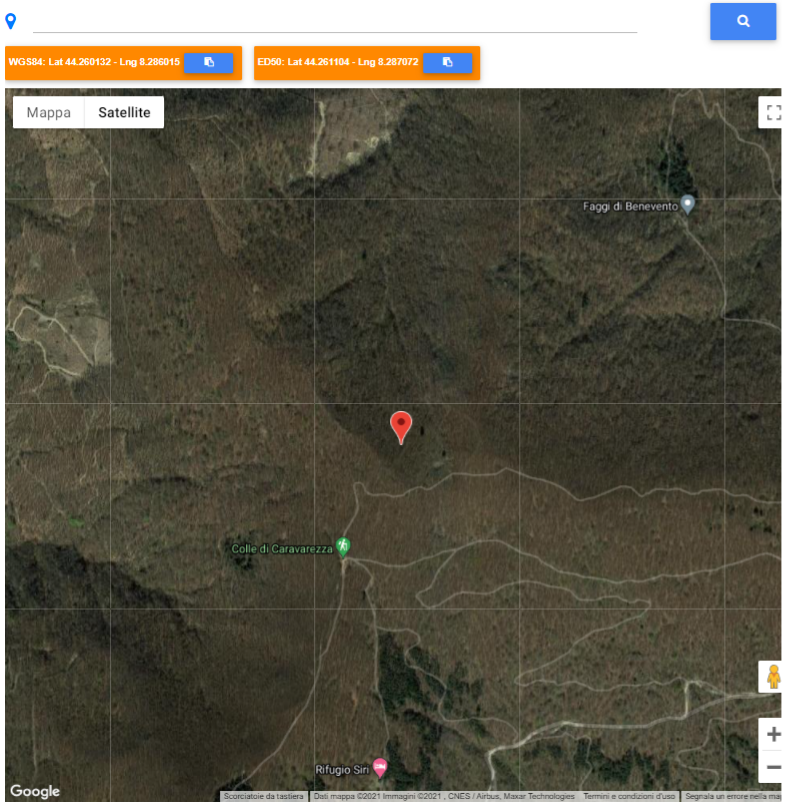
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,374
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,963
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,277
Beta: 0,200

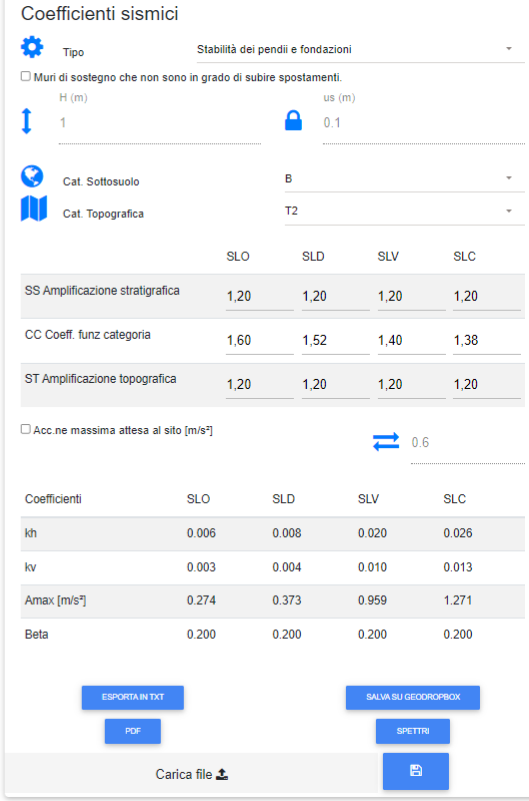
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG03***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.618	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.549	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.583	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.593	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.274	0.373	0.959	1.271
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.
latitudine: 44,261104
longitudine: 8,287072
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 2876,863

Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 3074,059
Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 5346,437
Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 5231,397

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,618
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,549
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,593
Tc*: 0,317 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

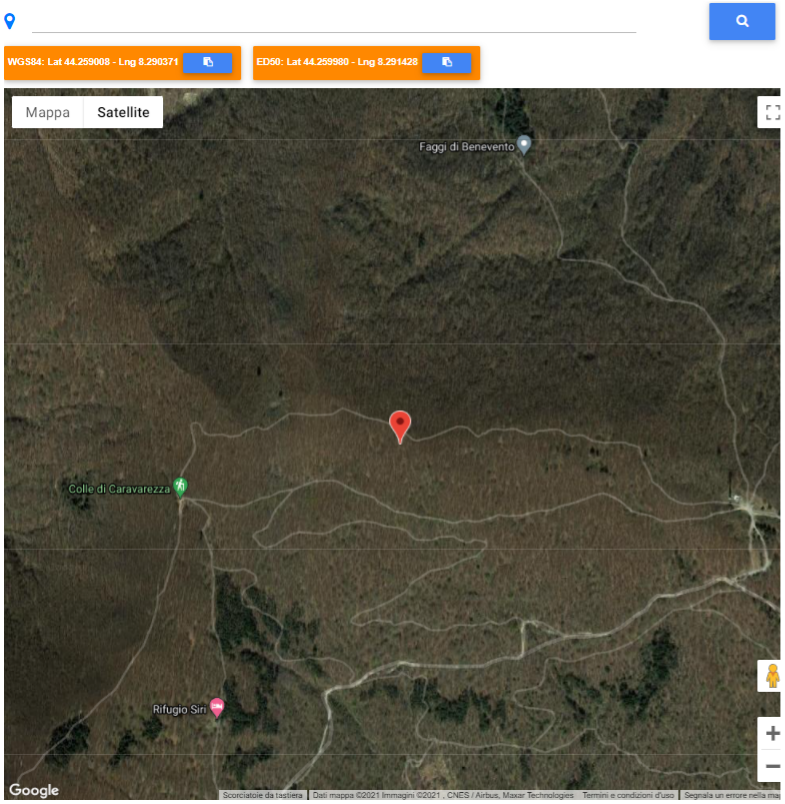
SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,274
Beta: 0,200

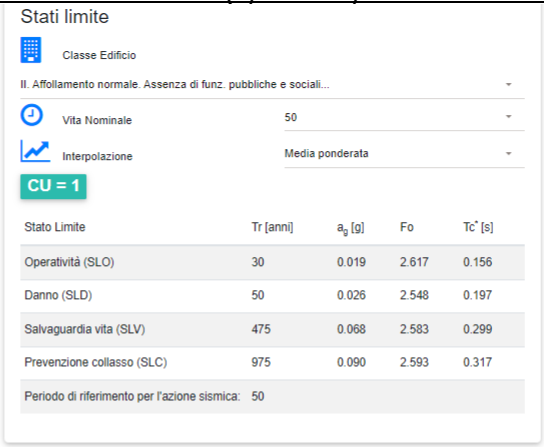
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,373
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,959
Beta: 0,200

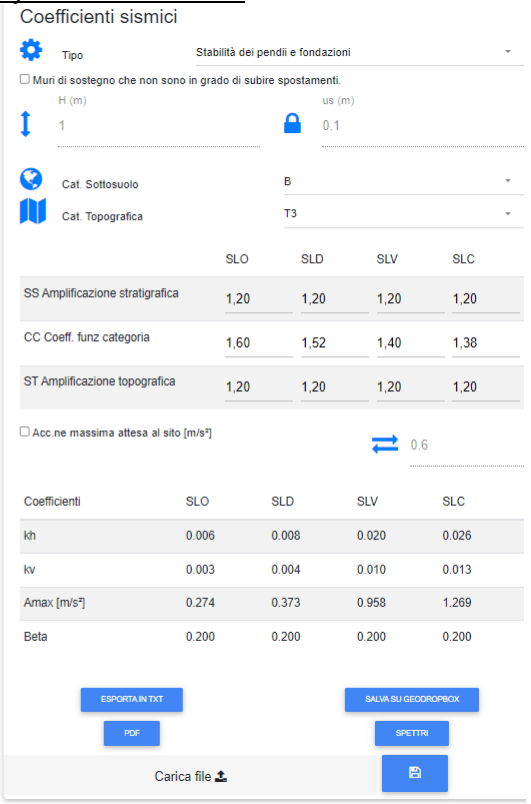
SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,271
Beta: 0,200

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG04***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.617	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.548	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.583	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.593	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.274	0.373	0.958	1.269
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,2599803058017
longitudine: 8,29142828943096
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 3245,452

Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 2817,851

Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 5044,994

Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 5291,065

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,617
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,548
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,593
Tc*: 0,317 [s]

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,274
Beta: 0,200

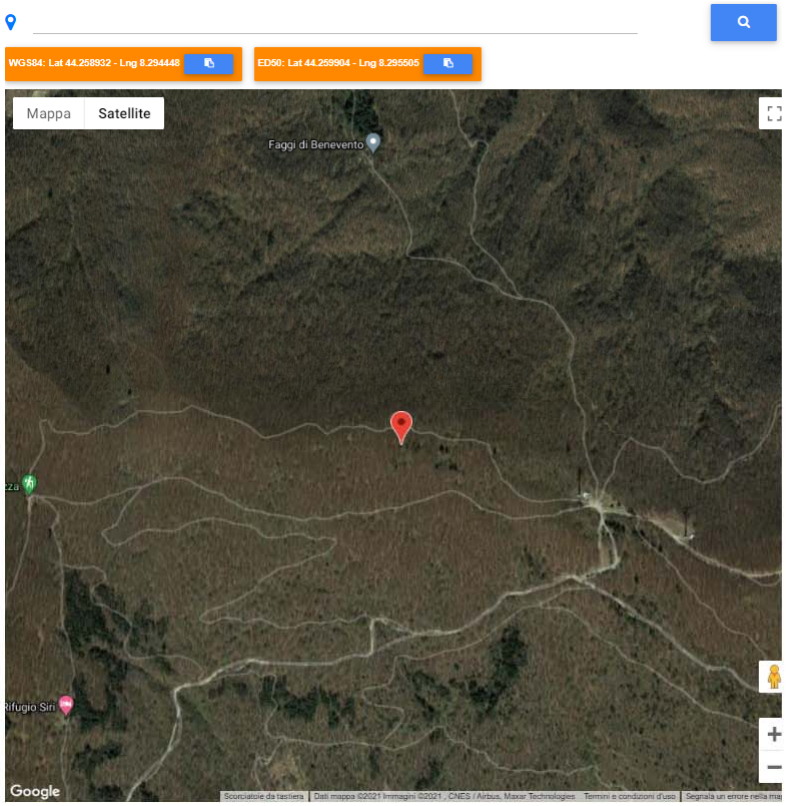
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,373
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,958
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,269
Beta: 0,200

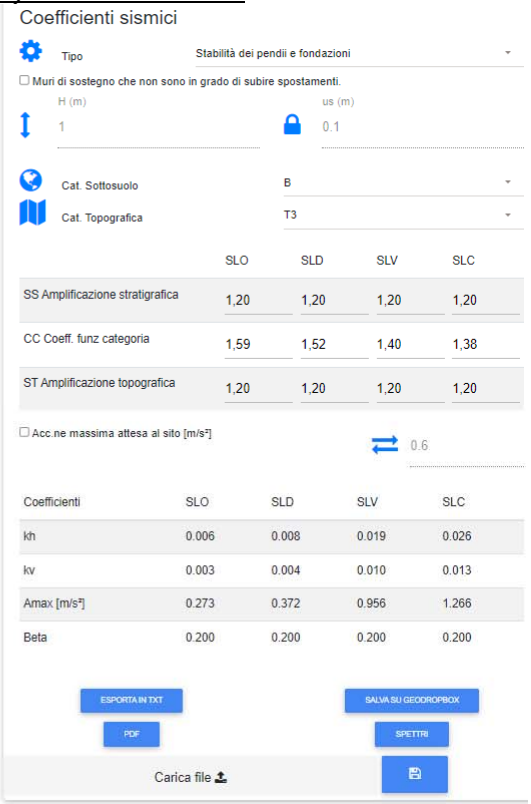
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG05***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.615	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.548	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.583	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.594	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.019	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.273	0.372	0.956	1.266
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,2599042698805

longitudine: 8,29550549875634

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 3557,578

Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 2542,719

Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 4864,390

Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 5458,846

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,615
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,548
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,594
Tc*: 0,317 [s]

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,590
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,273
Beta: 0,200

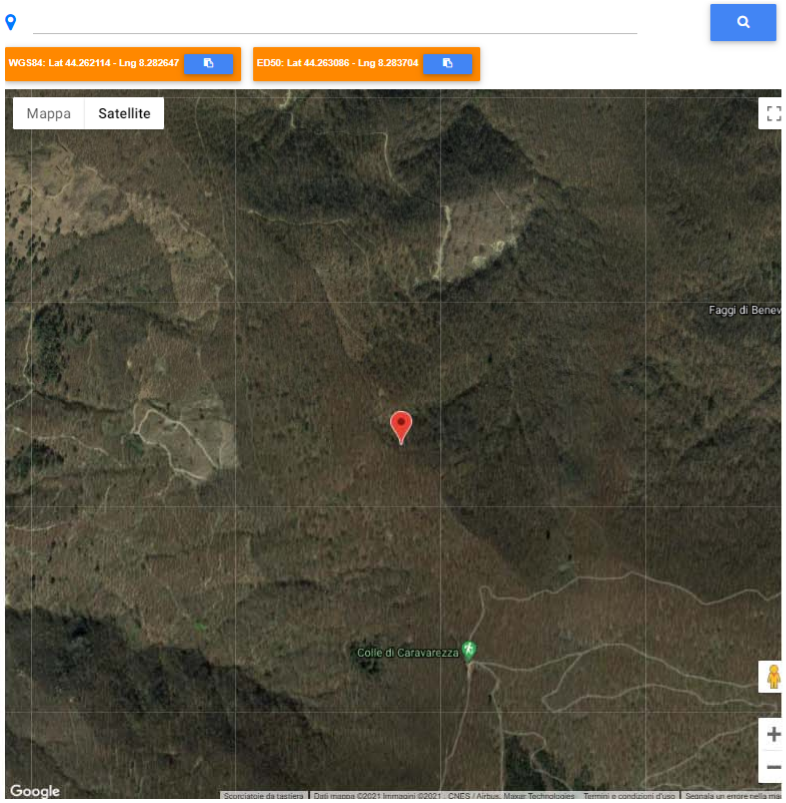
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,372
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 0,956
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,266
Beta: 0,200

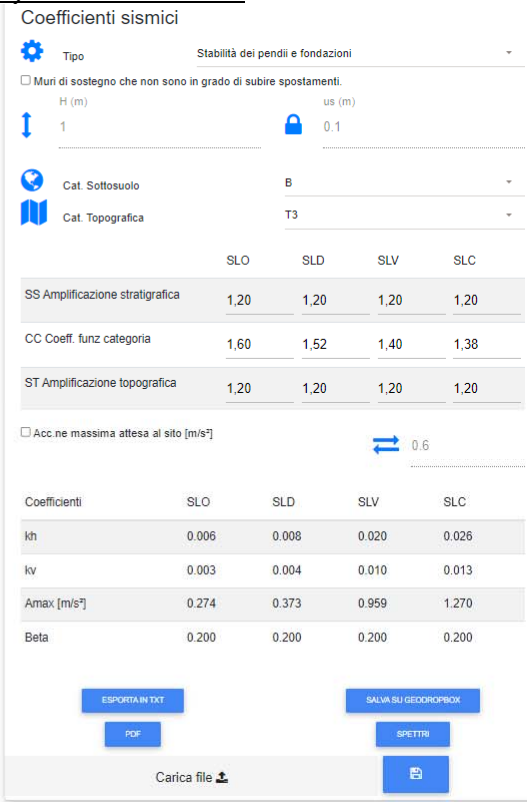
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG06***





Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.619	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.549	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.583	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.593	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.274	0.373	0.959	1.270
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

PARAMETRI SISMICI
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.
latitudine: 44,263086
longitudine: 8,283704
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 2556,503
Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 3246,091
Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 5683,320
Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 5316,063

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,619
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,549
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,593
Tc*: 0,317 [s]

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,274
Beta: 0,200

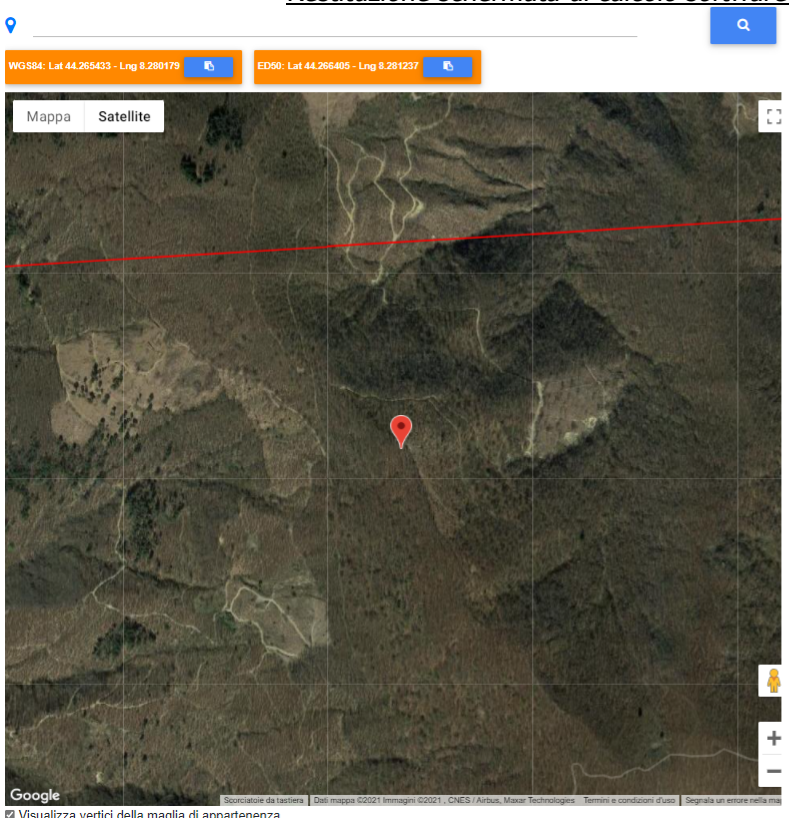
SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,373
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,959
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,270
Beta: 0,200

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Restituzione schermata di calcolo software online GEO.STRU - (opere dei pendii e fondazioni) – ***Piazzola AG07***



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.619	0.156
Danno (SLD)	50	0.026	2.550	0.197
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.068	2.583	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.090	2.593	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T3

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,52	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s²]	0.274	0.373	0.958	1.268
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

ESPORTA IN TXT — SALVA SU GEODROPBOX

PDF — SPETTRI

Carica file

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,2664052467579
longitudine: 8,28123692783518
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17352 Lat: 44,2692 Lon: 8,2527
Distanza: 2289,898

Sito 2 ID: 17353 Lat: 44,2722 Lon: 8,3224
Distanza: 3343,020

Sito 3 ID: 17575 Lat: 44,2223 Lon: 8,3267
Distanza: 6096,596

Sito 4 ID: 17574 Lat: 44,2192 Lon: 8,2571
Distanza: 5585,961

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,619
Tc*: 0,156 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,026 g
Fo: 2,550
Tc*: 0,197 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,593
Tc*: 0,317 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,274
Beta: 0,200

SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,373
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,958
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,268
Beta: 0,200

8.9 Classificazione sismica regione Liguria

L'area insediativa ricade in prevalenza neI comunI di Calice Ligure e Mallare e Orco Feglino, ai sensi della DGR n.1362/2010, risultano inseriti nella Classe Sismica 3 (p.g.a. = 0.150 g).

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

ZONA 3			
Numero progressivo	**Provincia**	**Numero identificativo comune su mappa**	**Comune**
127	SV	2	ALBENGA
128	SV	5	ALTARE
129	SV	7	ARNASCO
130	SV	8	BALESTRINO
131	SV	9	BARDINETO
132	SV	10	BERGEGGI
133	SV	11	BOISSANO
134	SV	12	BORGHETTO SANTO SPIRITO
135	SV	13	BORGIO VEREZZI
136	SV	14	BORMIDA
137	SV	16	CALICE LIGURE
138	SV	17	CALIZZANO
139	SV	20	CASTELBIANCO
140	SV	21	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA
141	SV	24	CERIALE
142	SV	25	CISANO SUL NEVA
143	SV	28	ERLI
144	SV	29	FINALE LIGURE
145	SV	30	GARLENDA
146	SV	31	GIUSTENICE
147	SV	34	LOANO
148	SV	35	MAGLIOLO
149	SV	36	MALLARE

8.10 Analisi del rischio liquefazione ai sensi delle DGR 535/2021

La presente analisi viene redatta in applicazione delle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)" e rappresentano un documento operativo finalizzato alla prevenzione e gestione dei rischi connessi al fenomeno della liquefazione.

"Con il termine "liquefazione" si indicano diversi fenomeni fisici che si verificano nei terreni sabbiosi saturi durante i terremoti di elevata intensità, che hanno come elemento comune una drastica caduta della resistenza al taglio ed una temporanea fluidificazione degli stessi.

I potenziale di liquefazione dei terreni viene, pertanto, valutato comparando gli effetti dell'azione sismica legata al terremoto con la resistenza alla liquefazione propria di ciascun suolo. Convenzionalmente si considera, quindi, un fattore di sicurezza rispetto al fenomeno della liquefazione sulla base del rapporto tra la resistenza di taglio ciclica del terreno (CRR), legata alle caratteristiche geotecniche del suolo e lo sforzo di taglio indotto dal terremoto (CSR), legato alle caratteristiche sismiche dell'area.".

8.10.1 Recepimento delle linee guida nei comuni liguri

a) **il Comune di interesse è dotato[10] di uno studio di Microzonazione simica di livello 1, a corredo della strumentazione urbanistica comunale, nel quale sono state identificate le zone interessate da potenziale instabilità per liquefazione**, ai sensi della DGR 471/2010 ovvero degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS08)" secondo gli studi di MS di cui all'art.11 della L.77/2009.

b) **il Comune di interesse è dotato di uno studio di Microzonazione simica di livello 1 a corredo della strumentazione urbanistica comunale ma, in fase di studio, non è stata accerta l'esclusione della potenzialità al fenomeno della liquefazione ovvero non presenta analisi riferite al fenomeno di instabilità per effetto della liquefazione**,

oppure

c) **il Comune di interesse NON è dotato di uno studio di Microzonazione simica di livello 1, a corredo della strumentazione urbanistica comunale,**

8.10.2 Analisi del rischio liquefazione in riferimento alla localizzazione del sito in termini geologici e geomorfologici

Il rischio liquefazione si localizza in determinati ambiti con precise caratteristiche sia geologiche che geomorfologiche, che permettono di escludere dalle zone a rischio determinate porzioni di territorio.

Termini geologici

Età del deposito	Profondità della falda (metri)		
	< 9	Da 9 a 15	>15
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Olocene antico	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

Tab. A - Probabilità alla liquefazione di depositi sedimentari (Facciorusso, 2011)

Termini geomorfologici

Classe	Geomorfologia	Suscettibilità
A	Letti di fiume recenti e antichi; paludi; zone di bonifica; zone interdunari	Liquefazione probabile
B	Conoidi; argini naturali; dune di sabbia; pianure di esondazione; spiagge; altre pianure	Liquefazione possibile
C	Terrazzi; colline; montagne	Liquefazione non probabile

Tab. B - Classi di suscettività alla liquefazione in funzione della geomorfologia (Iwasaki et al., 1982)

Report analisi geologica → probabilità nulla (non ricade in zone di deposito sedimentario)

Report analisi geomorfologica --→ liquefazione non probabile

L'intervento non ricade in un ambito geologico e geomorfologico suscettibile di liquefazione

8.10.3 Descrizione delle caratteristiche tipologiche e strutturali dell'intervento

L'intervento prevede la ristrutturazione edilizia di opere preesistenti mediante demolizione e ricostruzione su diverso sedime.

L'intervento si configura come opere di nuova costruzione finalizzate a realizzare torri eoliche e annesse strutture di servizio.

8.10.4 Analisi territoriale della suscettività a liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base

Elenco dei Comuni caratterizzati da un valor modale della distribuzione della magnitudo attesa maggiore o uguale a 5 e un'accelerazione in superficie di riferimento maggiore o uguale a 0.1g, considerando il periodo di ritorno pari a 475 - 975 - 2475 anni.		
Tr =	475	975	2475
ALASSIO			
ALBENGA			
ALTARE			
ANDORA			
ARNASCO			
BALESTRINO			
BARDINETO			
BERGEGGI			
BOISSANO			
BORGHETTO SANTO SPIRITO			
BORGIO VEREZZI			
BORMIDA			
CALICE LIGURE			
CALIZZANO			
CARCARE			
CASTELBIANCO			
CENGIO			
CERIALE			
CISANO SUL NEVA			
COSSERIA			
ERLI			
FINALE LIGURE			
GARLENDA			
GENOVA			
GIUSTENICE			
LAIGUEGLIA			
LOANO			
MAGLIOLO			
MALLARE			
MILLESIMO			
MURIALDO			
NASINO			
NOLI			
ONZO			
ORCO FEGLINO			
ORTOVERO			
OSIGLIA			
PALLARE			
PIETRA LIGURE			
QUILIANO			
RIALTO			
SAVONA			
SPOTORNO			
TOIRANO			
TOVO SAN GIACOMO			
VADO LIGURE			
VENDONE			
VEZZI PORTIO			
VILLANOVA D'ALBENGA			

Comuni di **CALICE LIGURE /ORCO FEGLINO - MALLARE** → Tr (SLV) = __475__ anni (per tipologia di intervento)

I comuni rientrano nella tabella con Periodo di Ritorno. pari a 2475 anni

8.10.5 Verifica compatibilità previsioni urbanistico- edilizie nei Comuni non dotati di analisi liquefazione a corredo dello strumento urbanistico comunale

In ragione della particolare tipologia di intervento per caratteristiche edilizio-strutturali, esso è ricompreso tra quelli per i quali devono essere condotte specifiche analisi sulla liquefazione dei terreni ovvero:

- *E' un intervento di nuova costruzione;*

In tal senso, secondo i dettami della DGR 535/2021 appendice 2 ***è subordinato alla preventiva verifica di compatibilità degli stessi al rischio liquefazione.***

Tuttavia, in relazione alle particolarità geologiche, geomorfologiche e sismiche del sito evidenziate nei precedenti paragrafi ovvero:

- l'analisi dei termini geologici e geomorfologici locali;
- la verifica del valore modale della distribuzione della magnitudo attesa - accelerazione in superficie di riferimento in rapporto al il periodo di ritorno (475-975-2475 anni);

secondo i dettami delle NTC 2018 e relativa circ. applicativa n°7/2019, ***il sito non risulta a rischio liquefazione*** *e non è quindi necessaria la conduzione l'accertamento delle "condizioni di esclusione", ai punti 2, 3 e 4 del § 7.11.3.4.2 delle NTC2018.*

Si specifica tuttavia che in base ai risultati delle indagini MASW eseguite su ogni singolo sito di imposta delle torri, la velocità rilevata delle onde sismiche S consente di ***escludere*** *il rischio liquefazione.*

9 CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico tramite la costruzione di sette torri eoliche. Il nuovo impianto prevede la messa in opera di aerogeneratori tripala di potenza nominale pari a 4200 KW. Il parco eolico sarà collegato alla rete elettrica nazionale tramite un cavidotto MT che raggiungerà la sottostazione presente in loc. Bossarino in Comune di Vado Ligure, dove avverrà l'elevazione MT/AT e la successiva immissione in rete dell'energia prodotta. La linea elettrica che unirà le singole torri alla sottostazione sarà completamente interrata. Per quanto riguarda la via di accesso alle torri, sarà realizzato un adeguamento di un percorso sterrato già esistente, oltre alla realizzazione di un nuovo breve tratto di strada per il raggiungimento delle sette torri.

L'intervento prevede sbancamenti importanti in termini di altezze e volumi di scavo, in quanto per ogni piazzola sarà previsto la formazione di un piazzale di manovra e movimentazione del materiale, nonché lo scavo della fondazione di forma in pianta pressoché circolare della singola torre.

Per ogni piazzola gli sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 12 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 16.5 Km, comprensivi dei tratti interni al Parco, caratterizzato da uno scavo a sezione obbligata di profondità massima pari a 1.5 m e larghezza di circa 0.5 m, da eseguirsi lungo le strade esistenti di accesso all'area.

Per tutti i dettagli al riguardo delle tecniche architettoniche e progettuali utilizzate e per una maggiore comprensione delle stesse si rimanda di fatto agli elaborati tecnici e grafici a firma del progettista incaricato.

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOSTRATIGRAFICA

9.1 Caratterizzazione dei terreni e delle rocce

Il confronto tra le evidenze mostrate dal rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio, dalle prove sclerometriche eseguite sugli affioramenti rocciosi maggiormente significativi e dalle indagini geofisiche eseguite in sito, unite all'esperienza dello scrivente nella caratterizzazione di materiali e terreni di tali caratteristiche, ha consentito la definizione sufficientemente precisa dei principali parametri fisico meccanici dei terreni costituenti il sottosuolo.

9.1.1 Coltri detritiche eluviali - pedogeniche

Principali caratteristiche geotecniche:

- *Peso volume γ = 17.0 – 19.0 kN/mc (valore magg. attendibile 18.0 kN/mc)*
- *Peso volume saturo γ_{sat} = 19.0 – 21.0 kN/mc (valore magg. attendibile 20.0 kN/mc)*
- *Angolo di attrito interno ϕ (stimato per la componente granulare) = 25° - 28° (valore magg. attendibile 26°)*
- *Coesione C (stimata) = 0 – 10 kPa (valore magg. attendibile 0 kPa)*
- *Densità relativa Dr = 30 – 50 % (valore magg. attendibile 40 %)*

9.1.2 Regolite del substrato roccioso

Principali caratteristiche geotecniche:

- *Peso volume γ = 19.0 – 21.0 kN/mc (valore magg. attendibile 20.0 kN/mc)*
- *Peso volume saturo γ_{sat} = 21.0–23.0 kN/mc (valore magg. attendibile 22.0 kN/mc)*
- *Angolo di attrito interno ϕ (stimato per la componente granulare) = 29° - 32° (valore magg. attendibile 31°)*
- *Coesione C (stimata) = 10 - 30 kPa (valore magg. attendibile 15 kPa)*

9.1.3 Substrato roccioso quarzo-sericitico destrutturato e milonitizzato

Principali caratteristiche geotecniche:

- *Peso volume γ = 22.0 – 24.0 kN/mc (valore magg. attendibile 23.0 kN/mc)*
- *Peso volume saturo γ_{sat} = 23.0 – 25.0 kN/mc (valore magg. attendibile 24.0 kN/mc)*

- *Angolo di attrito interno ϕ (stimato per la componente granulare) = 27° - 29° (valore magg. attendibile 28°)*
- *Coesione C (stimata) = 5 – 15 kPa (valore magg. attendibile 10 kPa)*

9.1.4 Substrato roccioso da fortemente a mediamente alterato

Principali caratteristiche geotecniche:

- *Peso volume γ = 24.0 – 26.0 kN/mc (valore magg. attendibile 24.0 kN/mc)*
- *Peso volume saturo γ_{sat} = 25.0–26.0 kN/mc (valore magg. attendibile 25.0 kN/mc)*
- *Angolo di attrito interno ϕ (stimato per la componente granulare) = 34° - 36° (valore magg. attendibile 35°)*
- *Coesione C (stimata) = 40 - 100 kPa (valore magg. attendibile 60 kPa)*

9.1.5 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

Per valore caratteristico (Vk) di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato; nello specifico quel valore quale è associata una prefissata probabilità di non superamento (non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove).

Secondo le Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC (comma C.6.2.2) si possono utilizzare le seguenti combinazioni:

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi;

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici "Xk" consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il comma. C6.2.2.4 della Circolare LL.OO. 07/2019 illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti.

In particolare:

"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato"

Nel caso in esame tenuto conto che la analisi sono riferite alla stabilità del versante e quindi coinvolgono grandi volumi di terreno si può fare riferimento ai "valori medi".

In sintesi i valori geotecnici caratteristici dei terreni sono di seguito riportati:

Terreni di riporto

- *Peso volume* $\gamma_k \approx 16.0$ kN/mc
- *Peso volume saturo* $\gamma_k \approx 18.0$ kN/mc
- *Angolo di attrito interno* $\phi_k \approx 24°$
- *Coesione* $c_k \approx 0$ kPa

Coltri detritiche eluviali - pedogeniche

- *Peso volume* $\gamma_k \approx 18.0$ kN/mc
- *Peso volume saturo* $\gamma_k \approx 20.0$ kN/mc
- *Angolo di attrito interno* $\phi_k \approx 26°$
- *Coesione* $C_k \approx 0$ kPa
- *Densità relativa* $Dr_k \approx 40$ %

Strato di alterazione del bed-rock- regolite

- *Peso di Volume* $\gamma_k \approx 20.0$ kN/mc
- *Peso volume saturo* $\gamma_k \approx 22.0$ kN/mc
- *Angolo di Attr. Int.* $\phi_k \approx 31°$
- *Coesione* $C_k \approx 15$ kPa

Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato

- *Peso di Volume* $\gamma_k \approx 23.0$ kN/mc
- *Peso volume saturo* $\gamma_k \approx 24.0$ kN/mc
- *Angolo di Attr. Int.* $\phi_k \approx 28°$
- *Coesione* $C_k \approx 10$ kPa

Substrato roccioso fortemente/mediamente alterato

- *Peso di Volume* $\gamma_k \approx 24.0$kN/mc
- *Peso volume saturo* $\gamma_k \approx 25.0$ kN/mc
- *Angolo di Attr. Int.* $\phi_k \approx 35°$
- *Coesione* $C_k \approx 60$ kPa
- *R.Q.D.* 15 – 30 %

10 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONE DEI RELATIVI STATI LIMITE

10.1 Aspetti generali e teorici

La progettazione geotecnica, secondo le NTC, si basa sul metodo degli stati limite e sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo degli stati limite, ultimi e di esercizio, i coefficienti parziali sono applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali e alle resistenze.

Nei confronti delle azioni, gli stati limite sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Gli Stati limite sono definiti in generale:

Stati limite in generale:

SLU: stato limite ultimo -> il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso;

SLE: stati limite di esercizio -> il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile;

In condizioni sismiche gli stati limite di cui sopra si suddividono ulteriormente come di seguito indicato:

SLU stato limite ultimo dinamico -> SLV , SLC

SLE stato limite di esercizio dinamico -> SLO, SLD

Dove:

Stato Limite di Operatività (SLO):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):

a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

10.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$\mathbf{Ed \leq Rd}$$

dove

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd= valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (terreno)

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)

Si considerano cinque stati limite ultimi che, mantenendo la denominazione abbreviata degli eurocodici, sono così identificati:

EQU – perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di

meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua

(galleggiamento);

HYD – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Gli stati limite **STR** e **GEO** sono gli unici che prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente.

Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, sono utilizzati due tipi di approcci, l'**Approccio 1** o **l'Approccio 2**.

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Nell'ambito dell'Approccio 1, la combinazione 1 è generalmente dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale (**STR)**, mentre la combinazione 2 risulta in genere dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (**GEO)**.

Approccio 2:

-Combinazione :(A1+M1+R3).

Nei paragrafi successivi sono specificati, per ogni singola tipologia di opere e sistema geotecnico utilizzato nella realizzazione del progetto in esame, le relative combinazioni dei coefficienti parziali, le quali possono essere scelte dal calcolatore progettista o imposte dalla normativa a seconda del tipo di opera.

10.3 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)

Per le opere e i sistemi geotecnici, gli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici di spostamenti e rotazioni, assoluti e/o relativi, distorsioni che possano compromettere la funzionalità dell'opera. È quindi necessario valutare, utilizzando i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze dei materiali, gli spostamenti e le rotazioni delle opere, nonché il loro andamento nel tempo.

11 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONE DEI RELATIVI STATI LIMITE - CODICI DI CALCOLO IMPIEGATI

11.1 Denominazione

Nome del Software	**Slope**
Versione	2021
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo geotecnico della stabilità dei pendii e scarpate
Produzione e Distribuzione	GEOSTRU SRL Via Lungomare 89032 Bianco (RC) tel. +39 0964.911624 +39 0964.1945324 Fax: +39 0984.1800443 geostru@geostru.com

Software per l'analisi di stabilità dei pendii in terreni sciolti o rocciosi con i metodi tradizionali della geotecnica (Equilibrio limite), ed il metodo ad Elementi Discreti con il quale è possibile conoscere gli spostamenti del pendio ed esaminare la rottura progressiva. I metodi di calcolo sono i seguenti: FELLENIUS; BISHOP; JANBU; BELL; SARMA; SPENCER; MORGENSTERN & PRICE; D.E.M. (ELEMENTI DISCRETI);

Le Normative di calcolo supportate sono:

Ordinanza 3274; Norme tecniche costruzioni (NTC 2018); Eurocodice 7/8; STAS; British Codes BS8004.

12 DETERMINAZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO

12.1 Valutazioni sulla modalità esecutive degli scavi di progetto

Analizzando gli elaborati di progetto in comparazione con la morfologia attuale, si osserva come l'altezza massima effettiva prevista risulta assai variabile da 3-4 mt per la piazzola AG02 ai circa 10-11 mt per la piazzola AG03.

I fronti di scavo si giustificano correlando il posizionamento altimetrico delle varie opere di fondazione rispetto al piano campagna attuale.

In considerazione della stratigrafia presente in loco gli sbancamenti vanno ad interessare in porzioni variabili i terreni detritici, il regolite e lo strato milonitico ove presente.

Partendo dal presupposto che l'esecuzione dello sbancamento nella sua totalità dovrà avvenire in diverse fasi esecutive, si riportano per linee generali le tecniche di cantiere che dovranno tassativamente essere messe in opera in fase di sbancamento della sede di fondazione della torre eolica (e in generale anche per quanto concerne l'adeguamento del tracciato stradale) e sulla base delle quali saranno eseguite le verifiche di stabilità:

- *Si deve conferire ai fronti un angolo di scarpata (compreso tra 40° e 50°) per aumentare in fase provvisionale la stabilità dello scavo;*
- *Si deve procedere allo sbancamento adottando la metodologia di scavo per campioni verticali sequenziali e discendenti con altezza del singolo fronte non superiore a 3.5 mt per fronti in coltre/regolite e 4 mt per i fronti in roccia e banchina di interposizione orizzontale di ampiezza non inferiore ad 1 -1.5 mt;*

12.2 Analisi di stabilita' dei fronti di scavo di progetto

12.2.1 Modellazione geologica e geotecnica del pendio

Le indagini sono state eseguite per ogni singolo sito di impostazione delle 7 piazzole in progetto. Le singole zone di indagine presentano nel complesso caratteristiche simili per geomorfologia ed uso del suolo.

Le pendenze sono comprese in un intervallo da basso a medio e nello specifico caso si superano solo sporadicamente i 15° come valore di inclinazione generale del versante. Presso le zone di crinale le pendenze degradano fino ad arrivare a zone a debole pendenza.

Il substrato roccioso è localmente affiorante presso l'areale di posizionamento delle singole piazzole ma con elevata discontinuità e spesso unicamente presso gli ambiti di crinale, mentre in ambito di versante, data la presenza delle coltri detritiche di natura eluviale maschera totalmente il bed-rock.

L'uso del suolo predominante è quello boschivo, modificato unicamente dalla sentieristica locale e dalle opere di manutenzione e taglio del bosco stesso; è quindi corretto inserire la zona all'interno delle aree boschive montane non antropizzate. L'assetto idrogeologico vede la presenza di puntuali zone di impregnazione del sottosuolo (coltri e regolite), segno che una certa circolazione di acque sub-superficiali è comunque presente, non solo in concomitanza con eventi meteorologici di rilevante importanza.

Alla luce delle evidenze sopra elencate si può asserire come a livello di versante non si evidenziano forme accentuate di dissesto morfologico; non sono infatti visibili movimenti franosi o scoscendimenti interessanti o che hanno interessato notevoli porzioni di coltre o substrato. Incrociando i dati relativi all'uso del suolo e della pericolosità geomorfologica, per le strutture antropiche e per la popolazione che gravita negli immediati dintorni della zona di indagine si ottiene comunque un rischio potenziale molto basso.

12.2.2 Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione $E_d \leq R_d$ risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi possibili, verificando che non si raggiunga una condizione di SLU, con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le verifiche saranno effettuate secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2 (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II e assumendo R2 pari a 1,1.

Le verifiche di sicurezza per la stabilità dei pendii devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento, dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali; trattandosi di pendii non in frana le verifiche devono essere eseguite lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in **condizioni sismiche** può essere eseguita mediante metodi *pseudo-statici*, nei quali l'azione sismica è rappresentata da un'azione

statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Nelle verifiche allo **SLU** le componenti orizzontali e verticali dell'azione sismica si ricavano da:

$F_h = k_h \times W$

$F_v = k_v \times W$

dove F_h e F_v sono incrementi di forza proporzionali a W (peso del volume di terreno potenzialmente instabile).

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

$$k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h$$

β_m = coefficiente riduttivo dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

Il livello di sicurezza è espresso in generale tramite F_s come il rapporto tra la **resistenza al taglio disponibile** e lo **sforzo di taglio** mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale, sotto l'azione dei carichi:

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m}$$

Si è provveduto all'esecuzione di una verifica di stabilità puntuale realizzata sulle singole sezioni che prevedono le maggiori criticità in termini di stabilità, considerando parametri quali acclività del pendio, spessore dello strato di coltri detritiche/regolite, zona di impregnazione teorica.

Le verifiche si sono concentrate sull'analisi delle condizioni di *cantiere ovvero durante le fasi di sbancamento provvisionale collegate alla posa delle opre di fondazione,* in ragione della necessità di controllo della stabilità del sistema *"opera – versante"* durante le fasi operative che vedono impegnate le maestranze di cantiere per una tempistica ipotizzabile plurimensile.

La verifica di stabilità è stata eseguita agli SLU mediante l'approccio 1 combinazione 2 con l'utilizzo dei parametri di sicurezza A2+M2+R2 con R2 = 1.1

In ragione della funzione di provvisionalità degli scavi si ritiengono le verifiche soddisfatte se ***$FS_{min} > 1{,}1$***

La tipologia di verifica adottata consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nello stimare se questo è ancora

ammissibile tenendo conto dell'andamento stratigrafico dei terreni a comportamento geotecnico / geomeccanico diverso. Il coefficiente di sicurezza viene definito quale rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata nei confronti dello scorrimento lungo la ipotizzata superficie di rottura.
Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di cui sopra si fa riferimento ai valori riportati nel paragrafo precedente. I valori aggiunti agli eventuali terreni di riporto sono stati desunti basandosi sull'esperienza pratica dello scrivente in merito a tale tipologia di terreni.

Viene utilizzato il ***Metodo di Jambu***:
I simboli utilizzati nella formula hanno i seguenti significati:
Base = Larghezza del concio;
ϕ= angolo di attrito interno del terreno
c = coesione del terreno
α = Inclinazione del concio rispetto all'orizzontale;
Li = Lunghezza della base del concio;
Wi = Peso del concio;
ui = Risultante delle pressioni neutre;
Ni = Risultante delle tensioni normali;
Ti = Risultante delle tensioni tangenziali;
Fcorretto = fo F (dove fo è riportato in grafici funzione di: geometria e parametri geotecnici.)
Convenzioni
Angoli antiorari positivi;
Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;
Unità di misura
Lunghezze in m;
Angoli in gradi;
Carichi distribuiti t/m2;
Carichi concentrati in t/m;

La posizione dei punti e della superficie di maggior debolezza è stata determinata per tentativi (in relazione alla geometria del pendio, alla stratigrafia del sottosuolo) fino a determinare il coefficiente di sicurezza più basso. I valori geotecnici e geomeccanici di "input" sono stati prescelti in modo "conservativo" e sono riportati in allegato.
Nelle pagine seguenti si riporta la relazione di calcolo e le restituzioni grafiche allegate.

N.B. le verifiche allegate sono quelle ottenute nelle condizioni maggiormente sfavorevoli in termini di Fs, sulla base del confronto tra la verifica in condizioni statiche (con coefficienti A2+M2+R2) e la verifica in condizioni sismiche (con solo coefficiente R2).

AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG01 – sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,26	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,68	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,89	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.V.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.C.	1,2816	0,2	0,0261	0,0131

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,02**
Coefficiente azione sismica verticale **0,01**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,253325/8,281509
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2706,7 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1641,38 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2722,44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1650,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0

Numero di celle lungo y 15,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		26	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	miloniti	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

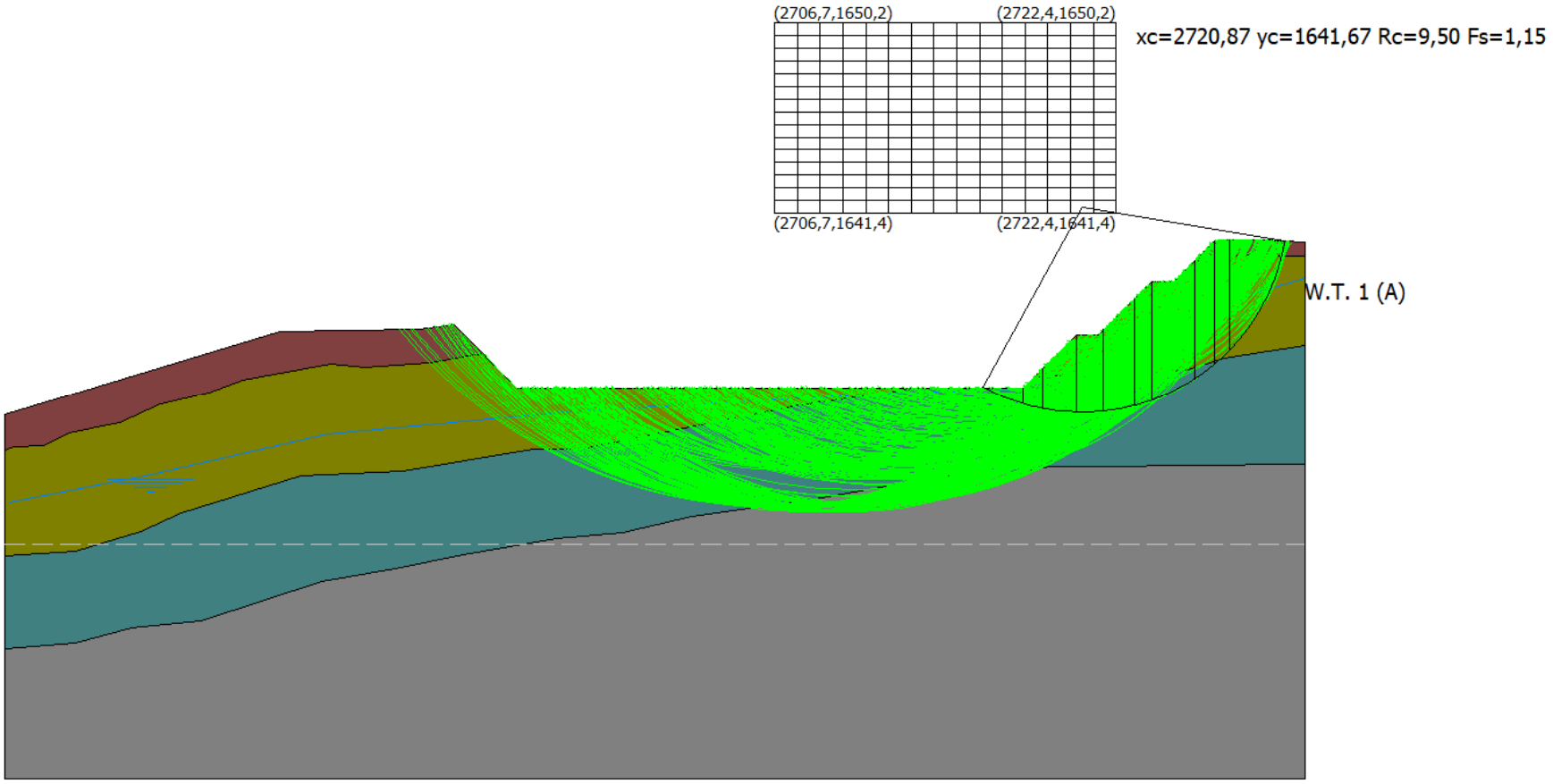
Fs minimo individuato	**1.15 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.15 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	2720,87 m
Ordinata centro superficie	1641,67 m
Raggio superficie	9,5 m

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 2720,869 yc = 1641,671 Rc = 9,504 Fs=1,148

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	1,86	-21,1	2,0	1661,76	33,24	16,62	0,08	23,0	0,0	2708,4	2568,4
2	0,93	-16,2	0,97	2945,84	58,92	29,46	0,08	23,0	0,0	3656,9	2114,3
3	1,55	-4,9	1,56	9704,9	194,1	97,05	0,08	23,0	0,0	10153,3	4864,3
4	1,24	1,2	1,24	9899,3	197,99	98,99	0,08	23,0	0,0	9806,1	4500,0
5	1,4	11,9	1,43	13539,33	270,79	135,39	0,08	23,0	0,0	12640,3	5802,5
6	0,83	16,6	0,87	9561,21	191,22	95,61	0,08	23,0	0,0	8822,6	4042,8
7	1,96	26,5	2,19	21589,63	431,79	215,9	0,08	23,0	0,0	19720,5	9864,6
8	0,91	35,9	1,12	10767,77	215,36	107,68	0,08	23,0	0,0	10035,7	5547,2
9	0,71	43,8	0,98	7950,18	159,0	79,5	0,12	25,7	1816,8	5361,3	4536,4
10	2,58	62,9	5,66	18226,81	364,54	182,27	0,12	25,7	2792,3	12277,3	24300,6

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG02 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,0197**
Coefficiente azione sismica verticale **0,0098**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,256613/8,284234
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3018,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1682,87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3031,58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1689,64 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0

Numero di celle lungo y 15,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		26	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

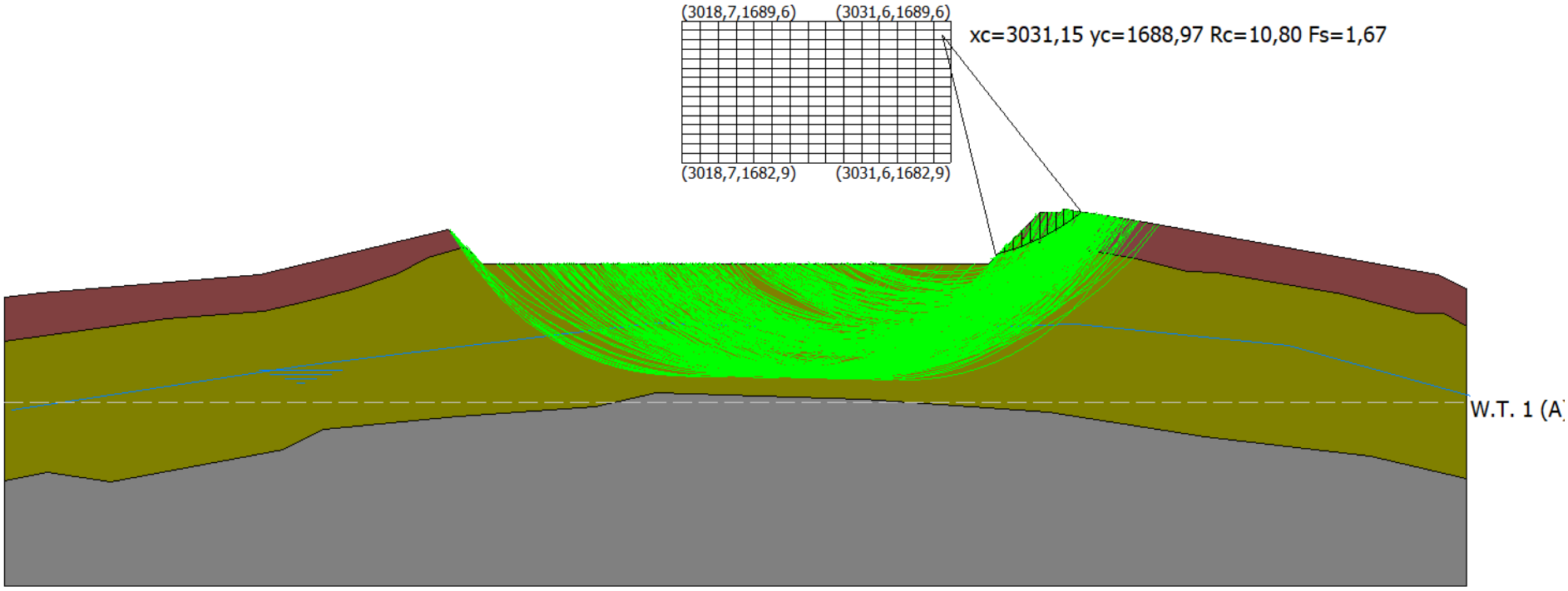
Fs minimo individuato	**1.67 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.67 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	3031,15 m
Ordinata centro superficie	1688,97 m
Raggio superficie	10,8 m

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 3031,148 yc = 1688,966 Rc = 10,796 Fs=1,673

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	0,41	17,8	0,43	32,94	0,65	0,32	0,12	25,7	0,0	-59,1	306,6
2	0,41	19,4	0,43	250,43	4,93	2,45	0,12	25,7	0,0	141,3	373,7
3	0,41	19,6	0,44	462,93	9,12	4,54	0,12	25,7	0,0	344,6	437,0
4	0,41	25,9	0,46	631,59	12,44	6,19	0,12	25,7	0,0	477,0	515,6
5	0,45	24,0	0,5	908,17	17,89	8,9	0,0	21,3	0,0	900,8	230,0
6	0,37	35,4	0,45	745,59	14,69	7,31	0,0	21,3	0,0	784,4	224,3
7	0,41	14,5	0,42	680,42	13,4	6,67	0,0	21,3	0,0	662,8	159,6
8	0,37	36,4	0,45	465,51	9,17	4,56	0,0	21,3	0,0	493,6	143,0
9	0,45	31,5	0,53	441,09	8,69	4,32	0,0	21,3	0,0	452,6	123,7
10	0,41	42,2	0,55	183,13	3,61	1,79	0,0	21,3	0,0	204,0	64,2

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG03 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,0197**
Coefficiente azione sismica verticale **0,0098**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,260132/8,286015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3177,77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1456,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3198,93 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1468,02 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		26	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	miloniti	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

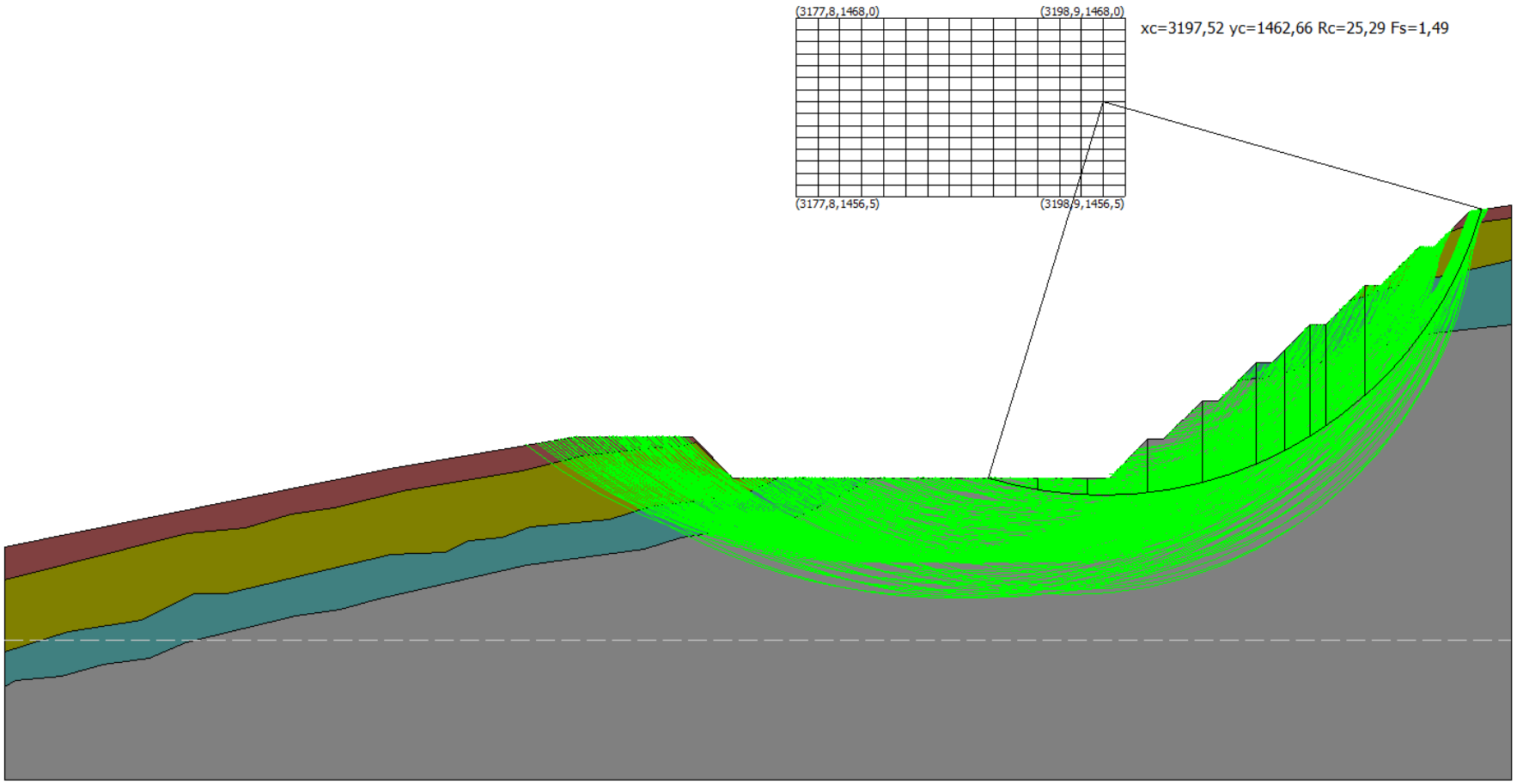
Fs minimo individuato	**1.49 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.49 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	3197,52 m
Ordinata centro superficie	1462,66 m
Raggio superficie	25,29 m

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 3197,523 yc = 1462,659 Rc = 25,29 Fs=1,493

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	3,18	-13,3	3,27	3303,36	65,08	32,37	0,48	29,3	0,0	6458,5	13276,4
2	3,18	-6,4	3,2	7134,62	140,55	69,92	0,48	29,3	0,0	8706,0	13628,1
3	3,92	2,3	3,93	14842,86	292,4	145,46	0,48	29,3	0,0	14130,8	17930,8
4	3,47	10,5	3,53	32494,29	640,14	318,44	0,48	29,3	0,0	28930,1	22585,3
5	3,48	18,9	3,68	45594,08	898,2	446,82	0,48	29,3	0,0	39120,5	28011,5
6	1,83	25,0	2,02	26859,81	529,14	263,23	0,48	29,3	0,0	22652,4	16528,0
7	1,64	29,5	1,89	26937,96	530,68	263,99	0,48	29,3	0,0	22697,1	16765,9
8	1,01	33,2	1,21	16462,63	324,31	161,33	0,48	29,3	0,0	13761,7	10799,8
9	2,47	38,0	3,14	40220,48	792,34	394,16	0,48	29,3	0,0	33375,5	28699,9
10	7,58	57,7	14,19	88717,04	1747,73	869,43	0,08	23,0	0,0	106171,6	70808,1

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG04 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,0197**
Coefficiente azione sismica verticale **0,0098**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long. 44,259008/8,290371
Calcolo eseguito secondo NTC 2018
Numero di strati 4,0
Numero dei conci 10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1,1
Coefficiente parziale resistenza 1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: Picco
Analisi Condizione drenata
Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi 3033,3 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi 1836,22 m
Ascissa vertice destro superiore xs 3050,44 m
Ordinata vertice destro superiore ys 1844,93 m
Passo di ricerca 10,0
Numero di celle lungo x 15,0
Numero di celle lungo y 15,0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		26	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	milonite	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.34 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.34 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	3048,15 m
Ordinata centro superficie	1838,54 m
Raggio superficie	12,57 m

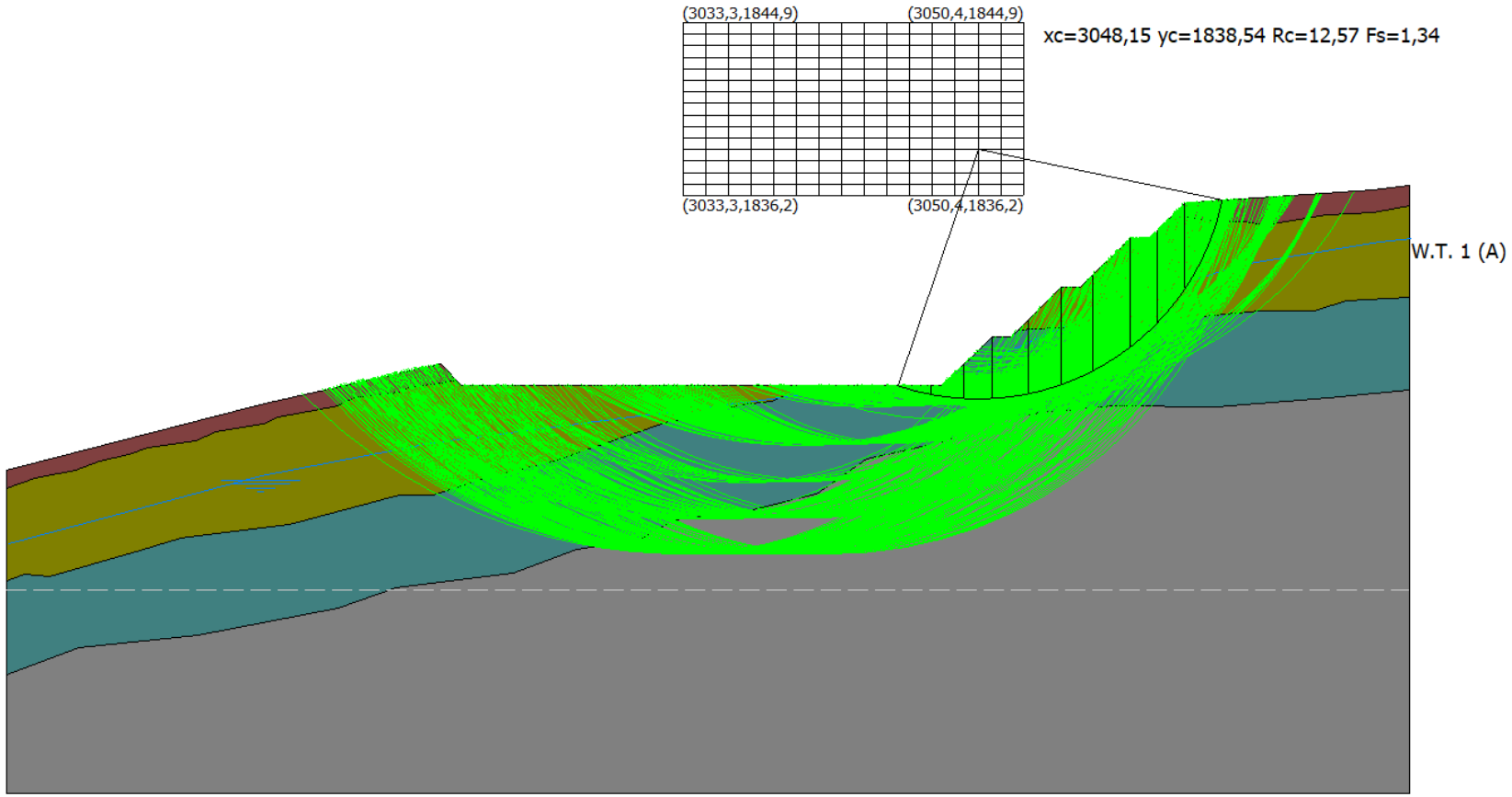
==========

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 3048,154 yc = 1838,542 Rc = 12,571 Fs=1,342

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	1,63	-14,3	1,68	839,05	16,53	8,22	0,1	28,0	0,0	1320,2	1833,2
2	1,63	-8,4	1,65	3087,83	60,83	30,26	0,1	28,0	0,0	3508,3	2645,1
3	1,44	0,0	1,44	8252,0	162,56	80,87	0,1	28,0	0,0	8252,0	4340,8
4	1,82	7,5	1,84	13113,42	258,33	128,51	0,1	28,0	0,0	12396,6	6330,8
5	1,67	15,3	1,73	16540,31	325,84	162,1	0,1	28,0	0,0	15156,4	7555,7
6	1,59	24,9	1,76	16525,13	325,55	161,95	0,1	28,0	0,0	14877,1	7937,0
7	1,88	31,2	2,19	21544,06	424,42	211,13	0,1	28,0	0,0	19516,3	10944,8
8	1,38	41,6	1,85	14343,3	282,56	140,56	0,1	28,0	0,0	13285,2	8872,6
9	1,37	52,3	2,25	12929,07	254,7	126,7	0,15	31,0	1447,8	9834,8	11307,3
10	1,89	66,8	4,79	10382,4	204,53	101,75	0,15	31,0	0,0	6782,3	21309,4

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG05 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,0197**
Coefficiente azione sismica verticale **0,0098**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,258932/8,294448
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3016,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1644,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3032,29 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1653,01 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		28	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	milonite	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.16 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.16 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	3032,29 m
Ordinata centro superficie	1645,11 m
Raggio superficie	11,4 m

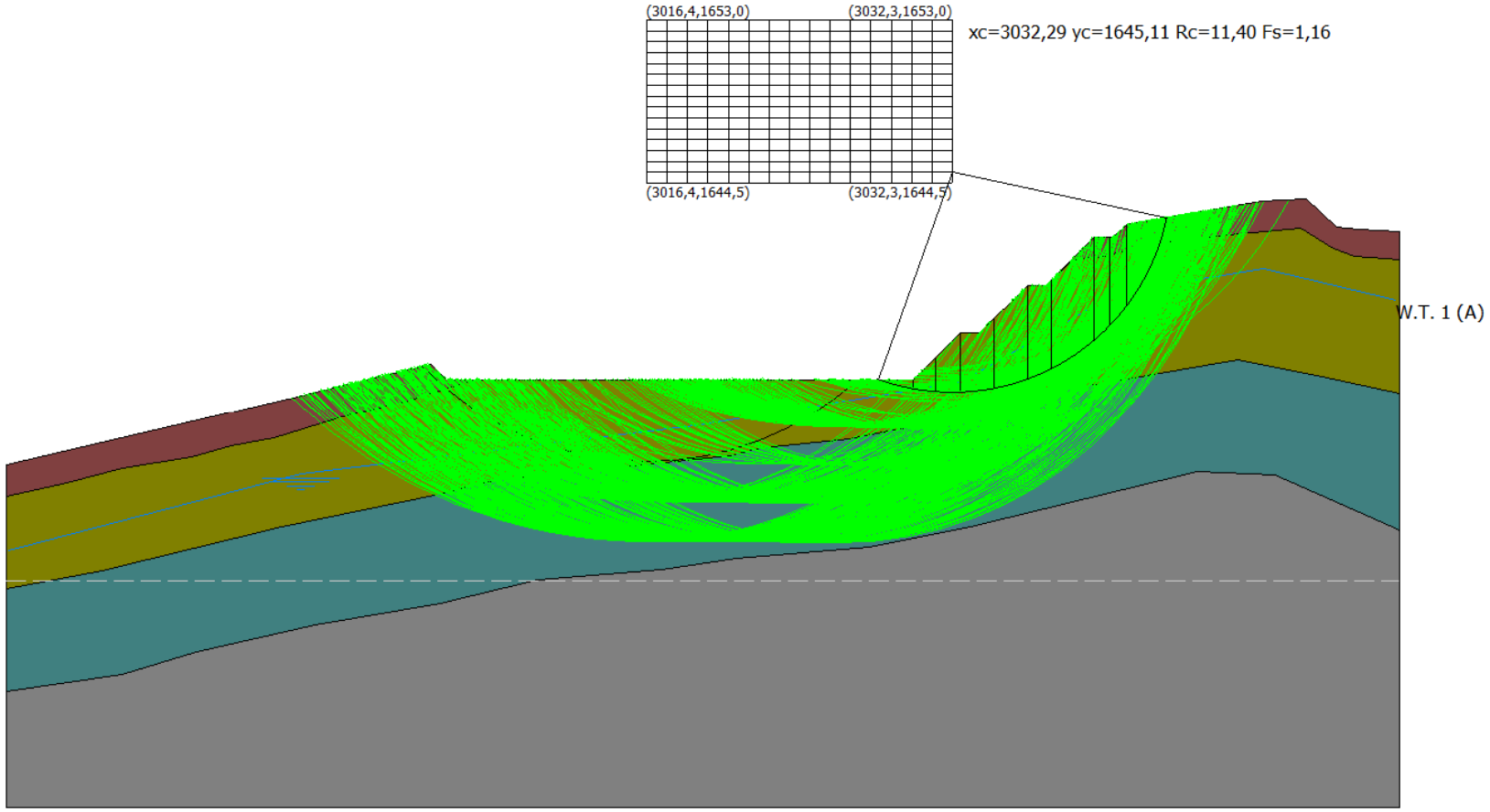
==========

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 3032,286 yc = 1645,106 Rc = 11,398 Fs=1,163

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	1,82	-12,6	1,86	733,92	14,46	7,19	0,12	25,7	0,0	1304,6	2523,1
2	1,19	-6,4	1,2	2670,7	52,61	26,17	0,12	25,7	162,0	2791,8	2401,8
3	1,29	-2,0	1,29	6248,77	123,1	61,24	0,12	25,7	492,5	5888,1	3761,4
4	1,72	7,3	1,74	10620,22	209,22	104,08	0,12	25,7	1610,5	8406,3	5306,3
5	1,75	13,2	1,8	15368,3	302,76	150,61	0,12	25,7	2722,5	11445,1	6762,4
6	1,26	24,5	1,38	12007,68	236,55	117,68	0,12	25,7	2382,6	8354,9	5359,2
7	2,22	32,7	2,64	23029,21	453,68	225,69	0,12	25,7	4262,7	16246,8	11213,4
8	0,79	44,6	1,11	7985,7	157,32	78,26	0,12	25,7	1309,0	5861,7	5003,7
9	0,89	48,6	1,34	7863,57	154,91	77,06	0,12	25,7	1157,9	5836,8	5731,1
10	2,12	65,4	5,09	11602,84	228,58	113,71	0,12	25,7	0,0	8623,3	21124,7

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG06 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,02**
Coefficiente azione sismica verticale **0,01**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,262114/8,282647
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2847,52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1837,86 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2861,37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1844,89 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		28	1800,00	2000	coltre	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	milonite	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.23 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.23 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	2860,45 m
Ordinata centro superficie	1839,73 m
Raggio superficie	7,07 m

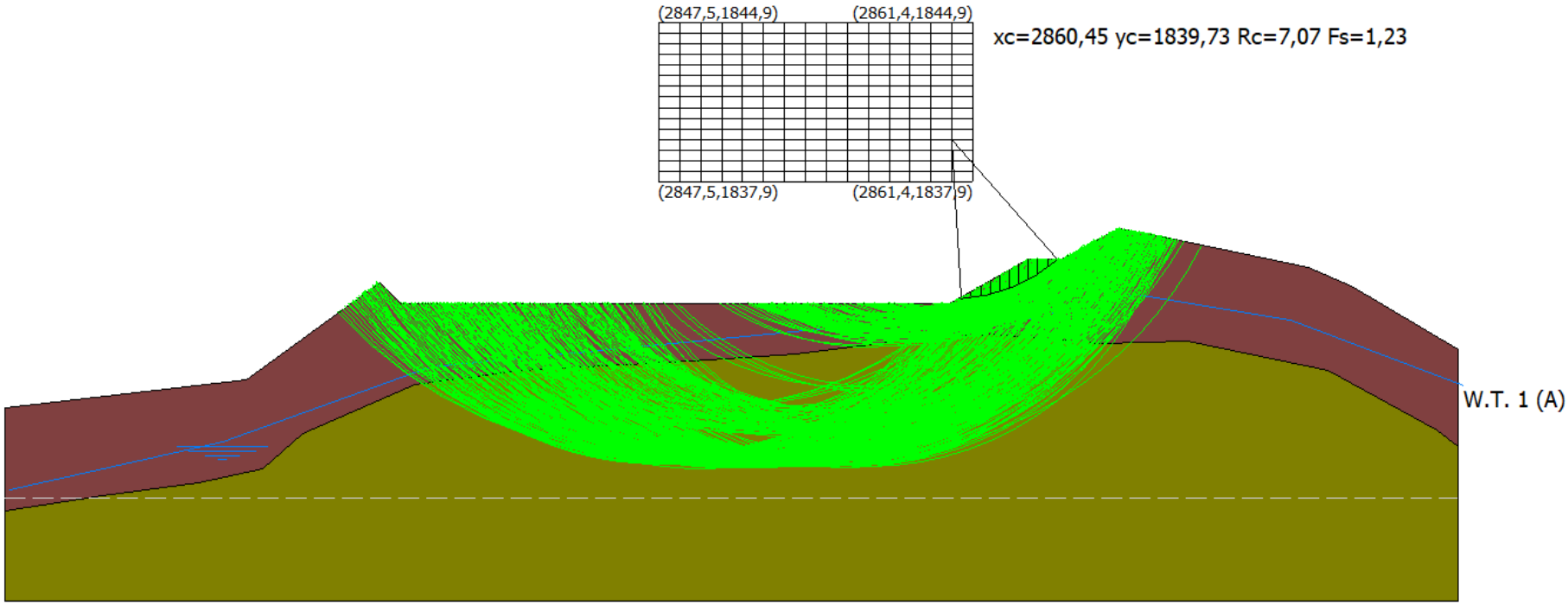
==========

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 2860,45 yc = 1839,734 Rc = 7,066 Fs=1,226

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	0,42	1,8	0,42	132,5	2,65	1,32	0,0	28,0	0,0	130,8	56,7
2	0,42	4,9	0,42	289,99	5,8	2,9	0,0	28,0	0,0	280,7	122,1
3	0,42	9,8	0,43	447,3	8,95	4,47	0,0	28,0	0,0	422,4	185,7
4	0,42	14,7	0,44	493,78	9,88	4,94	0,0	28,0	0,0	458,4	205,3
5	0,42	24,0	0,46	593,69	11,87	5,94	0,0	28,0	0,0	544,8	258,5
6	0,42	24,6	0,46	692,51	13,85	6,93	0,0	28,0	0,0	635,6	303,0
7	0,42	25,6	0,46	691,76	13,84	6,92	0,0	28,0	0,0	635,2	305,1
8	0,43	25,9	0,47	644,5	12,89	6,45	0,0	28,0	0,0	591,9	285,0
9	0,42	35,6	0,52	415,54	8,31	4,16	0,0	28,0	0,0	390,0	207,7
10	0,42	42,1	0,57	181,48	3,63	1,81	0,0	28,0	0,0	175,7	102,6

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



AREA DI INDAGINE PIAZZOLA AG07 - sez D-D – stato di cantiere

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,62	0,16
S.L.D.	50,0	0,25	2,55	0,2
S.L.V.	475,0	0,67	2,58	0,3
S.L.C.	975,0	0,88	2,59	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,2736	0,2	0,0056	0,0028
S.L.D.	0,36	0,2	0,0073	0,0037
S.L.V.	0,9648	0,2	0,0197	0,0098
S.L.C.	1,2672	0,2	0,0258	0,0129

Coefficiente azione sismica orizzontale **0,0197**
Coefficiente azione sismica verticale **0,0098**

VERIFICA SULLO STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

==========

Lat./Long.	44,265433/8,280179
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3022,38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1943,64 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3041,17 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1950,86 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		28	1800,00	2000	coltri	
2	0.15		31	2000	2200	regolite	
3	0.1		28	2300	2400	miloniti	
4	0.6		35	2400	2500	substrato	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.74 (R2=1.1)**
Fs minimo calcolato	**1.74 > 1.1 → verificato**
Ascissa centro superficie	3025,51 m
Ordinata centro superficie	1948,21 m
Raggio superficie	13,67 m

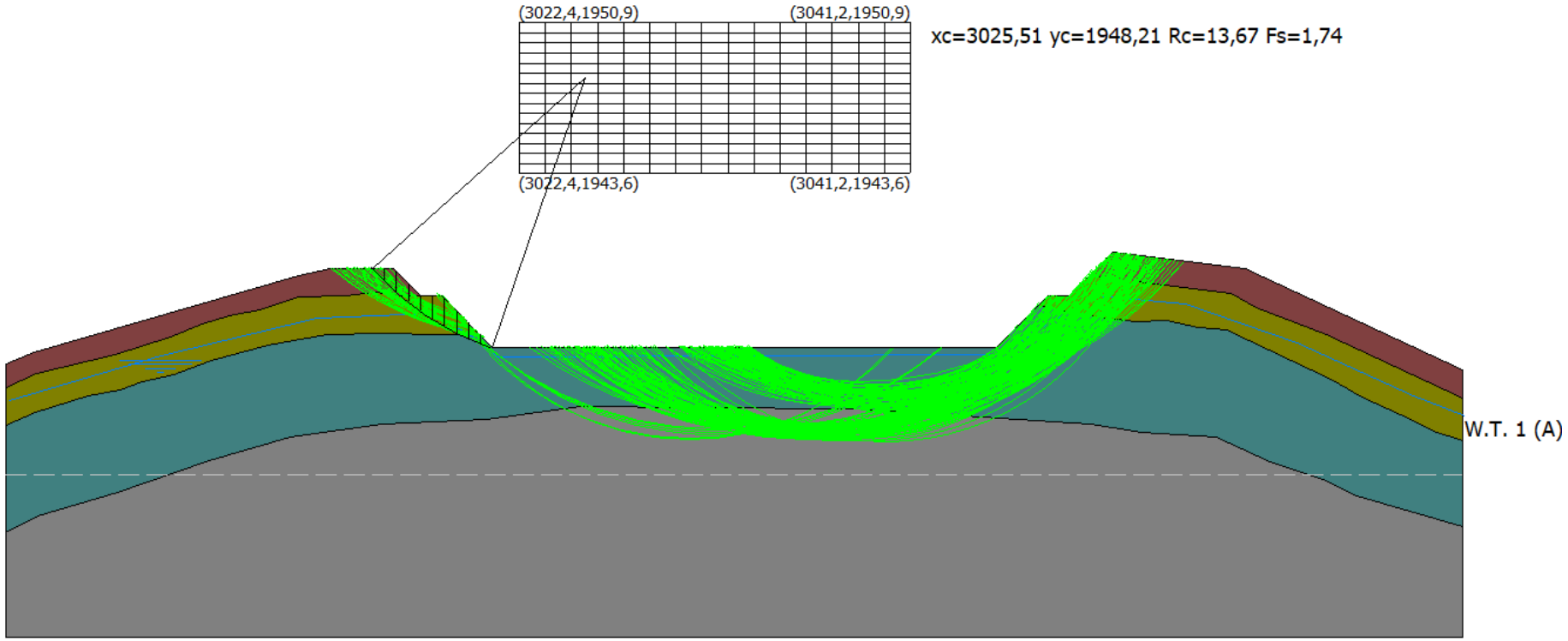
==========

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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 3025,508 yc = 1948,211 Rc = 13,675 Fs=1,742

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	0,58	44,6	0,81	253,13	4,99	2,48	0,0	23,0	0,0	286,5	98,2
2	0,58	43,6	0,8	898,09	17,69	8,8	0,0	23,0	0,0	1006,2	339,2
3	0,58	39,4	0,75	980,1	19,31	9,6	0,12	25,7	0,0	688,2	914,4
4	0,58	35,3	0,71	864,9	17,04	8,48	0,12	25,7	0,0	596,2	802,1
5	0,58	37,4	0,72	1080,73	21,29	10,59	0,12	25,7	41,6	765,0	893,7
6	0,58	27,3	0,65	1564,67	30,82	15,33	0,12	25,7	191,3	1150,4	861,4
7	0,58	32,8	0,69	1492,95	29,41	14,63	0,12	25,7	209,4	1037,1	904,3
8	0,58	22,7	0,63	1049,97	20,68	10,29	0,08	23,0	0,0	923,3	556,7
9	0,58	25,6	0,64	686,38	13,52	6,73	0,08	23,0	0,0	555,1	476,8
10	0,58	11,6	0,59	317,79	6,26	3,11	0,08	23,0	0,0	255,9	340,6

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA DEL TRATTO DI VERSANTE



12.3 Prescrizioni particolari inerenti le opere di fondazione

Il calcolo e il dimensionamento delle ciclopiche opere di fondazione delle singole torri è a carico della componente di progetto strutturale. Dal punto di vista di una schematica analisi di compatibilità geotecnica, si devono tuttavia effettuare alcune osservazioni, inerenti le caratteristiche geostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni che costituiranno la base di appoggio. Infatti il posizionarsi dei sedimi di progetto in ambito di versante, seppur ad acclività moderata, comporta necessariamente che la natura geotecnica dei terreni costituenti l'ampia base di appoggio delle singole torri non sia omogenea, interessando sia le coltri detritiche superficiali che gli strati di alterazione del substrato roccioso (regolite). Questo comporterà necessariamente la presenza di dissonanze relative alla risposta del suolo alle sollecitazioni di progetto, con probabile rischio di cedimenti differenziali i quali dovranno essere attentamente valutati ed eliminati stabilendo per singolo sito la reale necessità di opere di fondazione mista (superficiale e profonda) o di approfondimento della quota di fondazione.

12.4 Note esecutive inerenti la viabilità di cantiere in riporto

Il terreno di riporto che verrà posto in opera come base d'appoggio e sottofondo per la formazione e l'allargamento della carreggiata dovrà sottostare ad alcune precise regole e dovrà essere abbancato secondo la metodologia di seguito riportata.

Vengono qui di seguito riportate le tipologie delle terre ammissibili secondo le correnti classificazioni delle terre in uso nella geotecnica (USCS e AASHTO M-145-82);

- saranno da preferirsi le terre "grossolane" del tipo nelle classi GM-GW, GM-GC, SW-SP, SM-SC (equivalenti secondo ad A.A.S.H.T.O. alle A1-A3-A2); per i terreni sabbiosi e ghiaiosi franchi monogranulari è preferibile optare per una stabilizzazione degli stessi.
- La stabilizzazione granulometrica consiste nel dosare in maniera opportuna i granuli sottili (limo e argille non plastiche del tipo ML e CL o A4-A5), che hanno funzione di legante, con quelli più grossolani (sabbia e ghiaia) che conferiscono elevato attrito interno allo strato.
- Sono esclusi e non utilizzabili le torbe ed i materiali torbosi in genere.

Si riporta di seguito la metodologia per la messa in opera dei terreni:

- i materiali dovranno essere opportunamente selezionati secondo le caratteristiche

granulometriche prevalenti in modo, all'occorrenza, da utilizzare i materiali più grossolani e resistenti e quindi con migliori caratteristiche geomeccaniche laddove essi siano più necessari (ad esempio al piede del rilevato, a contatto con il fondo naturale) al fine da aumentare la stabilità complessiva e favorire il drenaggio naturale.

- i blocchi provenienti dagli scavi in roccia dovranno possibilmente frantumati con dimensioni finali intorno ai 200-300 mm e percentuali in peso massime intorno al 30% - 40% dell'inerte utilizzato.
- Il costipamento dovrà essere eseguito con mezzi meccanici idonei (rulli gommati e ruspe) per strati successivi di spessore uniforme (spessore massimo reso non superiore a 30 cm) fino a raggiungere le quote di progetto con un peso di volume secco in sito non inferiore al 95% del valore ricavato dalla prova di costipamento del terreno AASHTO modificata.
- Per quanto attiene alla base fondale dei tratti in rilevato si dovrà provvedere allo scoticamento del terreno vegetale e quindi la base fondale sarà costituita prevalentemente da terreni ad elevato scheletro litico pseudo-cementati ed a buona capacità portante o direttamente dal substrato lapideo.

12.4.1 Prescrizioni inerenti la geometria delle scarpate in materiali di riporto di nuova formazione

- Le eventuali scarpate in materiali di riporto dovranno essere obbligatoriamente sagomate con angolazione non superiore a 40° onde aumentarne la stabilità;
- Nel caso si debba fornire alla scarpata una inclinazione maggiore (comunque non superiore a 50°) si dovrà coadiuvare la resistenza allo scivolamento del materiale abbancato mediante la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica quali inerbimenti mirati mediante uso di geostuoie antierosive, viminate e/o palificate semplici;

13 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Alla luce della natura del suolo derivante dal rilevamento geologico si può affermare che lo scavo NON ricade all'interno di siti di produzione interessati da attività potenzialmente contaminanti o affioramenti delle Pietre Verdi, così come definiti dai criteri regionali allegati alla ex-DGR 859/08.

Nel caso il materiale sia riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato o nel caso di riutilizzo in altro sito in qualità di "terra e roccia da scavo" si dovrà fare riferimento ai contenuti del D.P.R. n.120 del 13 giugno 2017 "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".*

Si rimanda allo specifico elaborato "Piano preliminare utilizzo terre e rocce da scavo" per la gestione dei materiali di scavo durante le fasi esecutive dei cantieri.

14 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE IN FASE ESECUTIVA

Sarà opportuno provvedere alla designazione con apposito incarico di un geologo che svolga la direzione e la sorveglianza sotto l'aspetto geotecnico dei lavori in corso, tramite visite periodiche al cantiere, emanando, in collaborazione con la direzione dei lavori, le disposizioni e gli ordini per l'attuazione della parte geologica e geotecnica dell'opera progettata nelle sue varie fasi esecutive e sorvegliandone la buona riuscita.

In particolare dovrà:

- assicurare l'applicazione delle disposizioni contenute nella presente relazione geotecnica, con le relative procedure di lavoro previste;
- adeguare le lavorazioni alla situazione geo-stratigrafica puntuale in relazione alla reale evoluzione dei lavori e alle eventuali modifiche intervenute;
- sospendere, in accordo con la D.L., in caso di pericolo grave ed imminente, le singole lavorazioni e provvedere a fornire alle imprese interessate le soluzioni adeguate da attuarsi.

La **presente relazione** risulta redatta quale allegato al permesso di costruire e dovrà essere integrata:

- per le parti specifiche relative alla denuncia delle costruzioni in c.a. e zona sismica ai sensi della normativa vigente;
- a seguito delle ispezioni e dei sopralluoghi in fase di cantiere con accertamenti di maggior dettaglio e durante le lavorazioni nel caso di situazioni non prevedibili nella fase attuale previo conferimento incarico relativo alla direzione e sorveglianza sotto l'aspetto geologico dei lavori.

15 CONCLUSIONI

La presente *relazione geologica, idrogeologica e di fattibilità geotecnica* è stata eseguita nell'ambito del progetto di realizzazione di un nuovo parco eolico denominato "Bric del Vento", presso la loc. "Calice Ligure". Il progetto ricade sul confine che separa i territori comunali di Orco Feglino, Calice Ligure e Mallare.

La relazione ha permesso la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito con sufficiente approssimazione e la definizione di massima del modello geotecnico necessario al congruente sviluppo del progetto nelle sue diverse e successive articolazioni progettuali, secondo le *"Norme tecniche per le Costruzioni"* di cui D.M. 17.01.2018.

Alla luce delle indagini fino ad oggi eseguite, l'intervento in progetto risulta *compatibile con le peculiarità geologiche del sito e non altera negativamente il grado di attuale stabilità degli assetti idro–geomorfologici locali.*

Tale assunto non può prescindere però dal fatto che dovranno essere necessariamente adottate scelte tecnologiche ed esecutive adeguate al contesto morfologico locale ed eseguite ulteriori analisi ed indagini in sito. Tali ulteriori sviluppi saranno meglio definiti nelle relazioni tematiche poste a corredo delle successive fasi progettuali.

Quiliano dicembre 2021

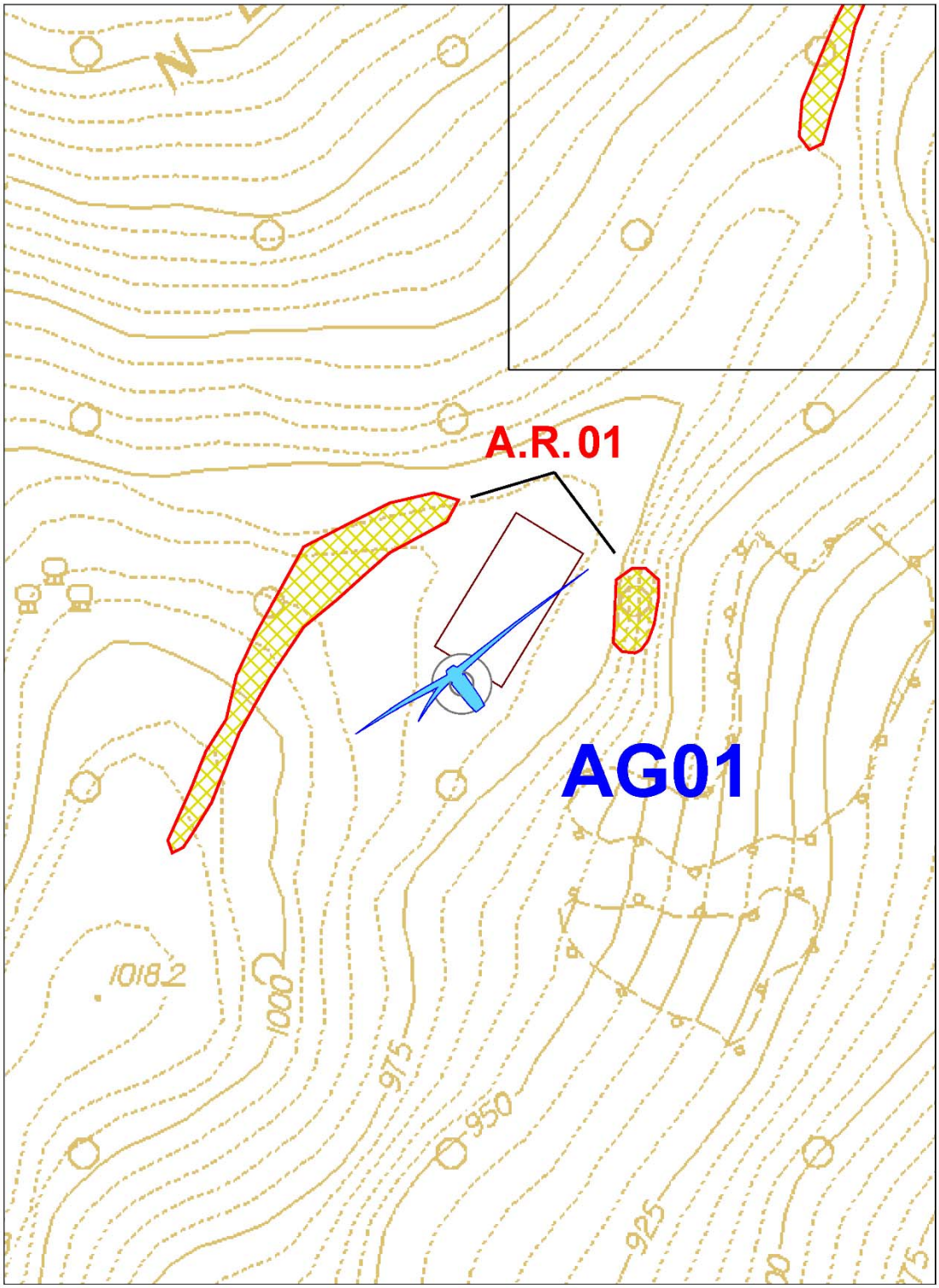
il tecnico

Dott. Geol. Dario Costantini



CARTOGRAFIA DEGLI AFFIORAMENTI ROCCIOSI SIGNIFICATIVI SU BASE C.T.R.

AFFIORAMENTO A.R. 01



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento discontinuo su sentiero pedonale e su versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastro.



A.R.1 - FOTO 1



A.R. 1 - FOTO 2

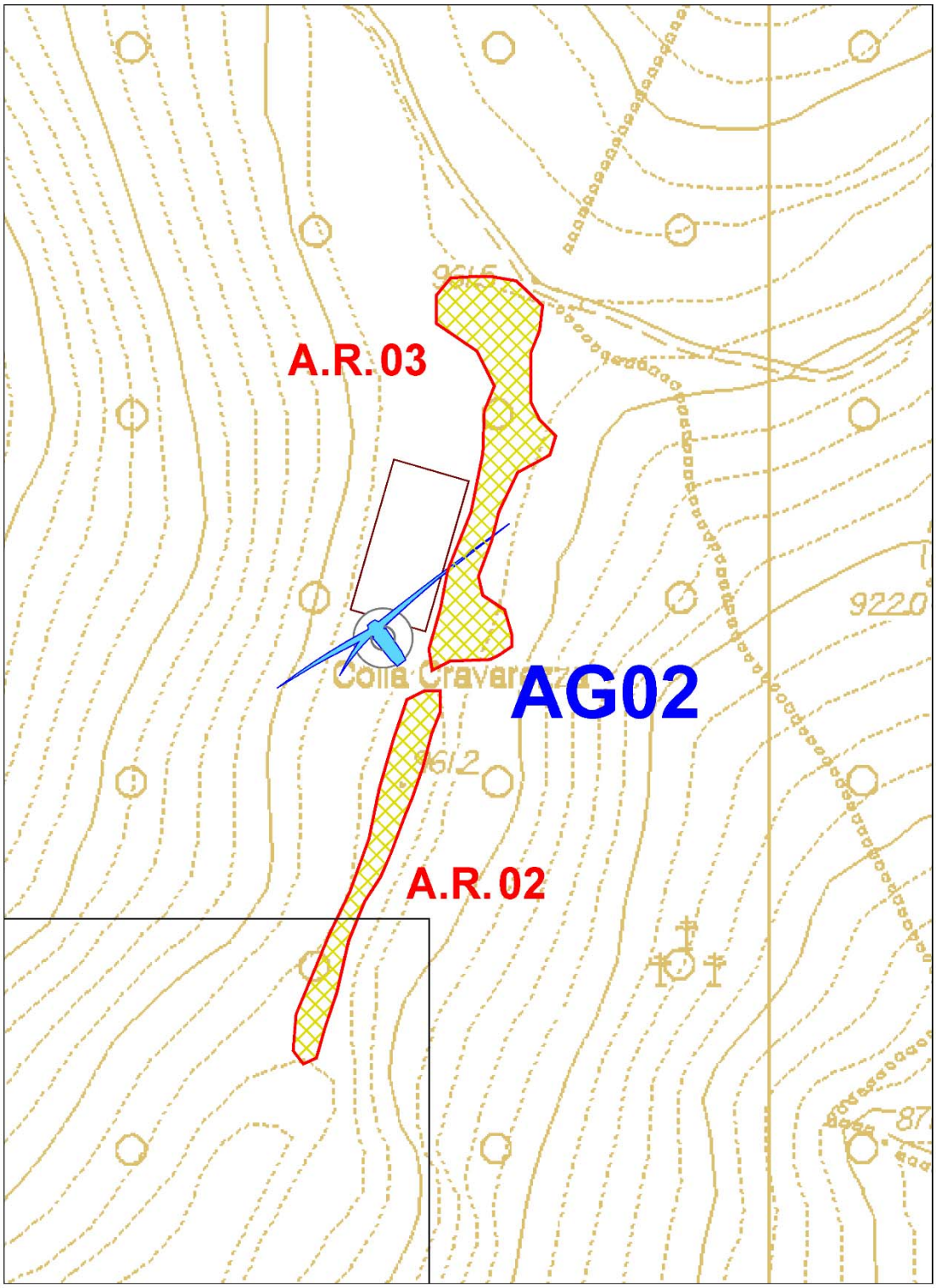


A.R. 01 - FOTO 3



A.R. 01 - FOTO 4

AFFIORAMENTO A.R. 02 – A.R. 03



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento discontinuo su sentiero pedonale e su versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastri.



A.R. 02 - FOTO 1



A.R. 00 - FOTO 2

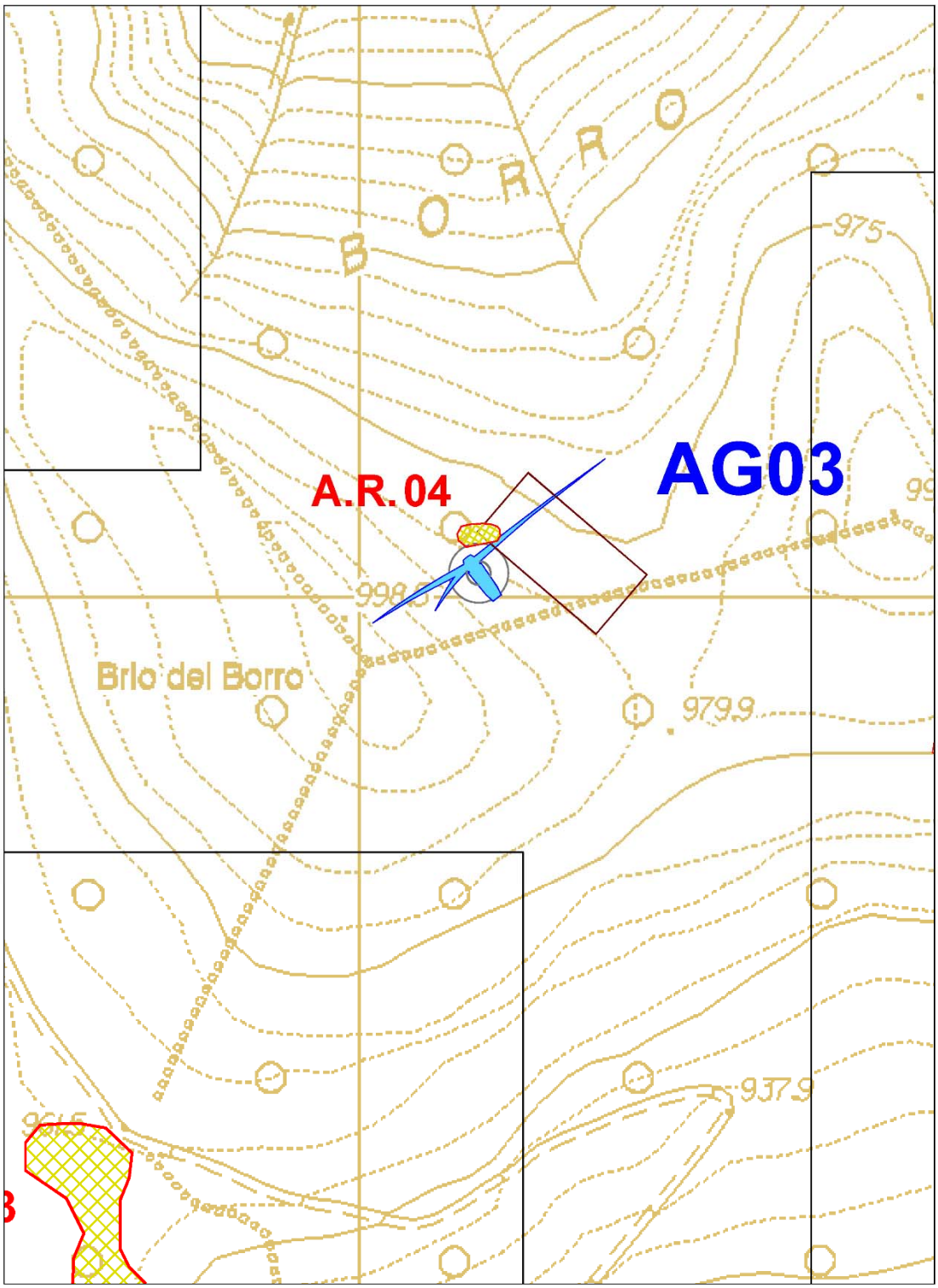


A.R. 03 - FOTO 1



A.R. 03 - FOTO 2

AFFIORAMENTO A.R. 04



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento fortemente discontinuo su versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastri.

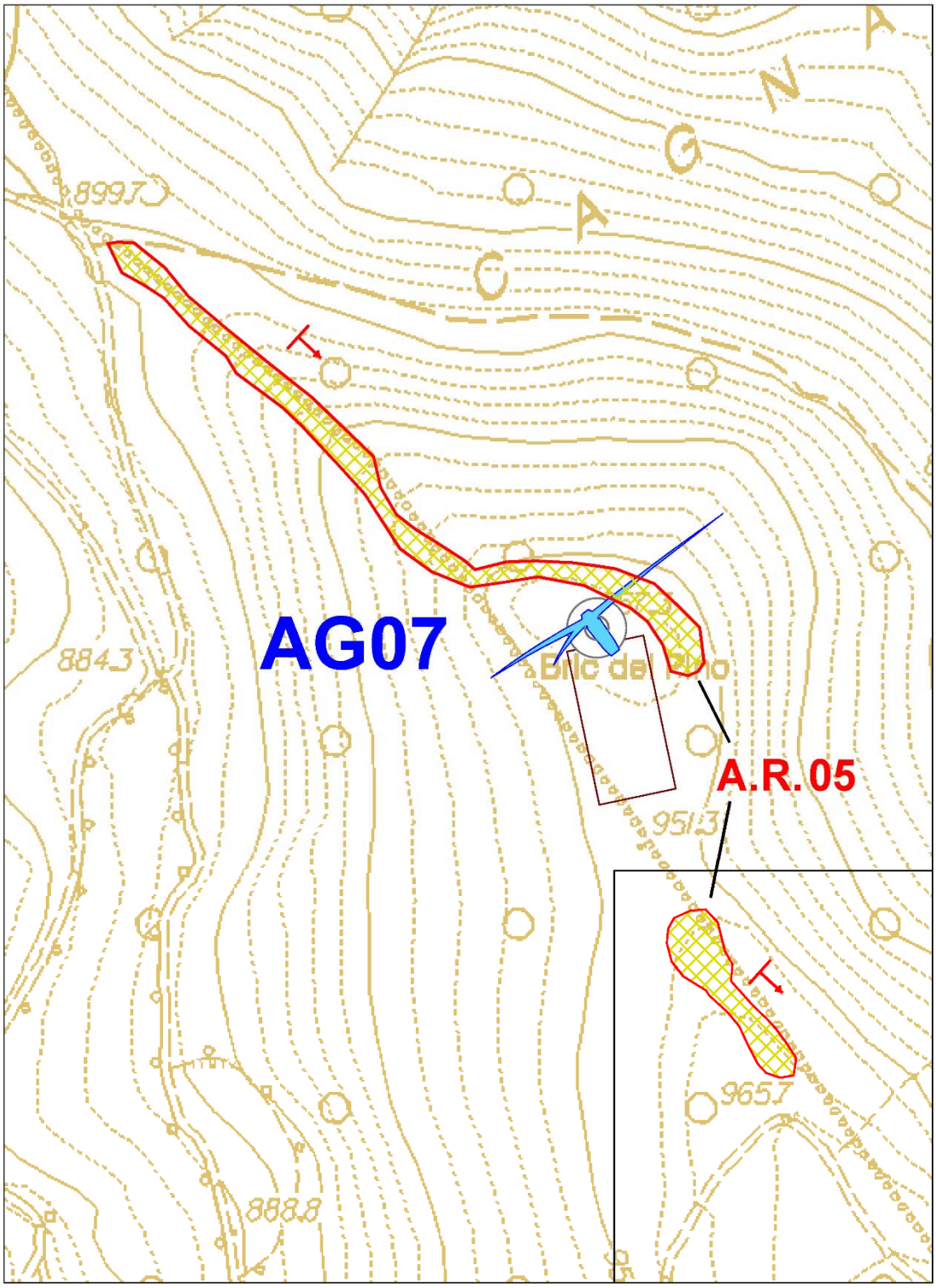


A.R. 04 - FOTO 1



A.R. 04 - FOTO 2

AFFIORAMENTO A.R. 05



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento con buona continuità strutturale su sentiero e versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastro.

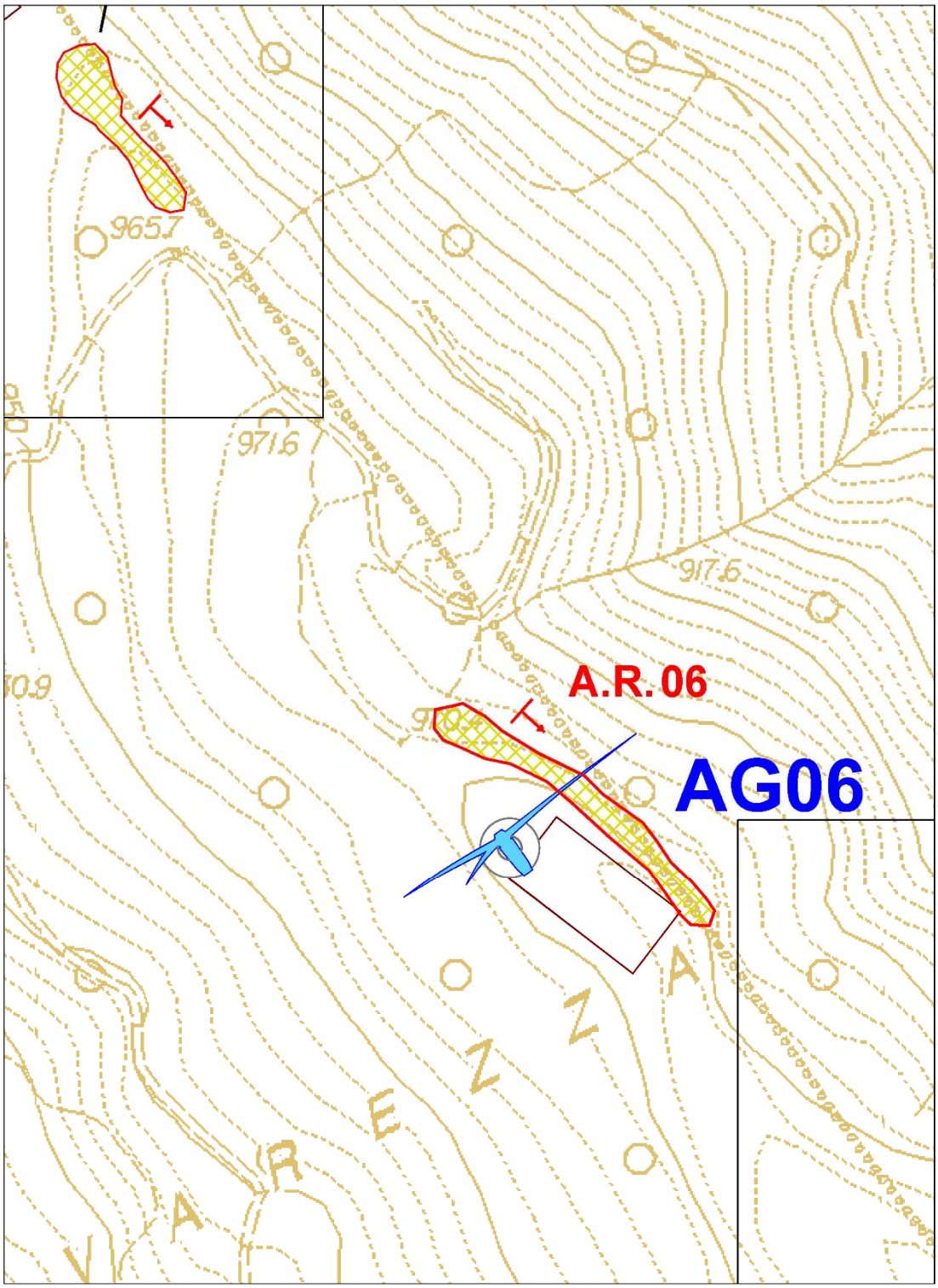


A.R. 05 - FOTO 1



A.R. 05 - FOTO 2

AFFIORAMENTO A.R. 06



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento con buona continuità strutturale su sentiero e versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastro.

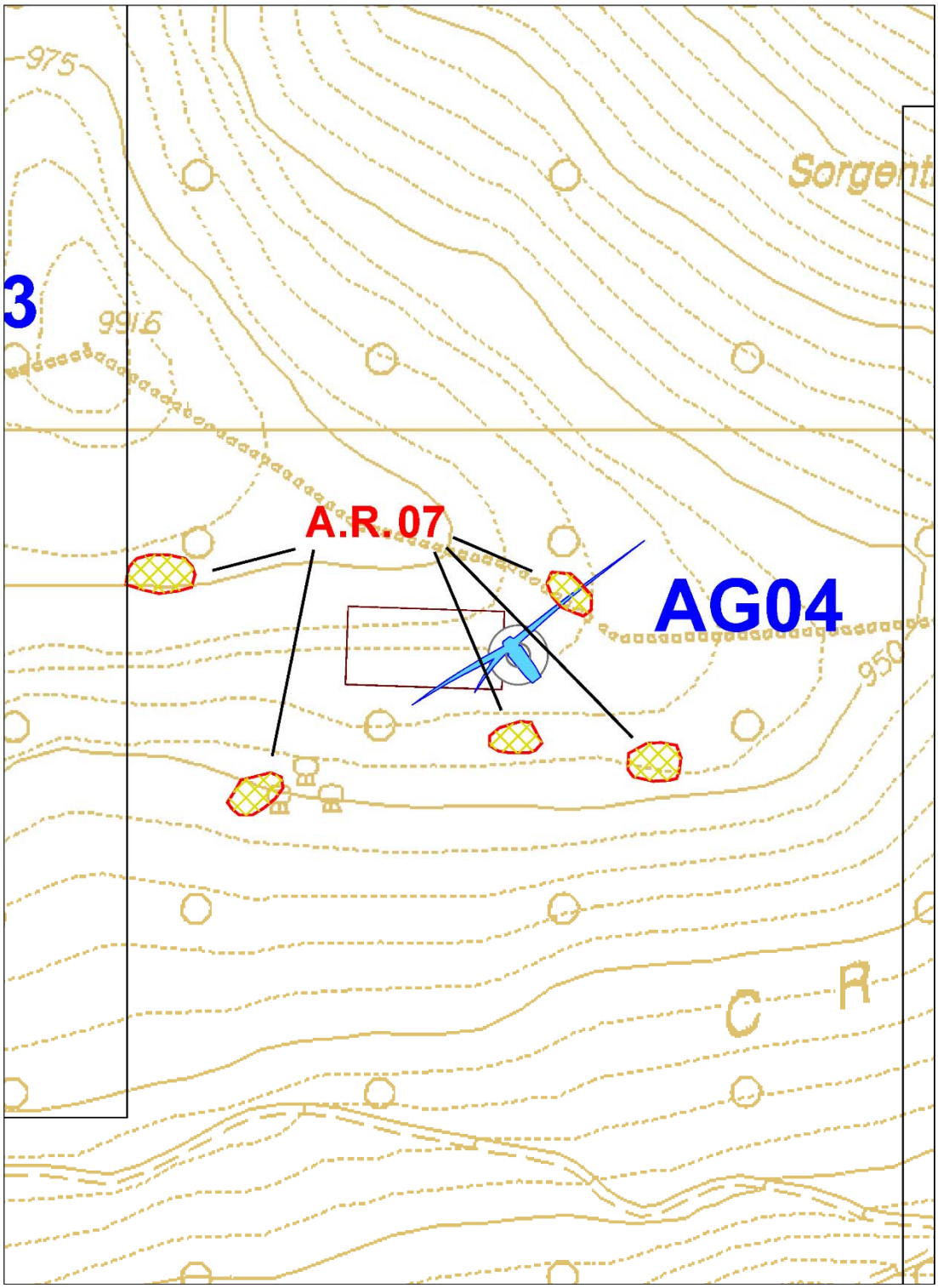


A.R. 06 - FOTO 1



A.R. 06 - FOTO 2

AFFIORAMENTO A.R. 07



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento con buona continuità strutturale su versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastri.

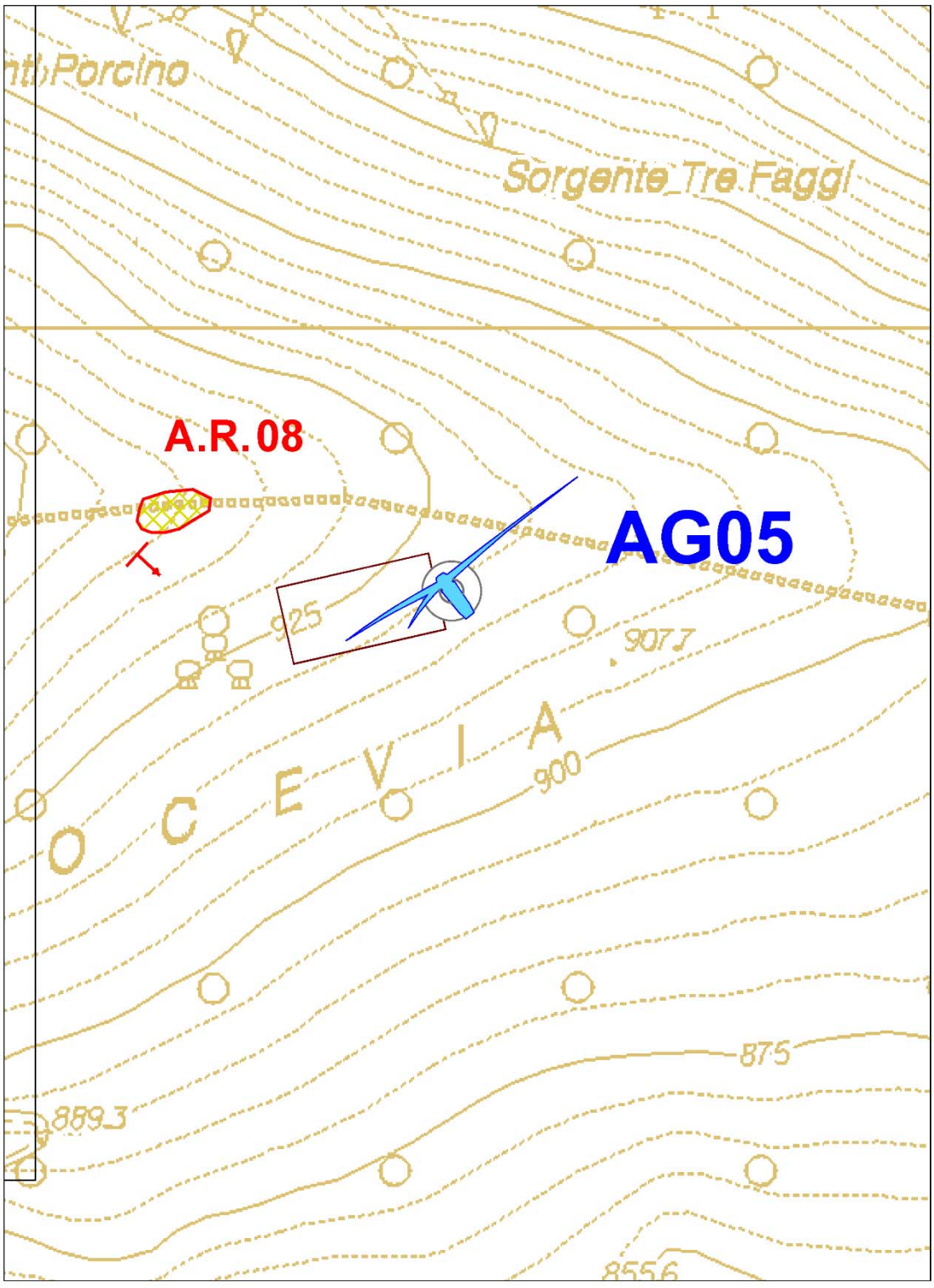


A.R. 07 - FOTO 1



A.R. 07 - FOTO 2

AFFIORAMENTO A.R. 08



CARATTERISTICHE GEOLOGICO -GEOMORFOLOGICHE: Affioramento puntuale su versante -- roccia fortemente alterata e destrutturata – scisti quarzosericiti di colore grigio – verdastri.



A.R. 08 - FOTO 1

PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI CALICE LIGURE, MALLARE, ORCO FEGLINO

Committente: FERA srl, Livorno

CLG - PARCO EOLICO CALICE LIGURE: PROSPEZIONI SISMICHE MASW PRELIMINARI ALLA REALIZZAZIONE DI 7 NUOVI AEROGENERATORI



REPORT TECNICO DI COMMENTO

INDICE

1. PREMESSA.....3

2. LA METODOLOGIA SISMICA MASW.....4

2.1. CENNI TEORICI SULLE INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW 5
2.2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....8
2.3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....9
2.4. CLASSIFICAZIONE SISMICA – RISULTATI DELLE INDAGINI MASW.....16

ALLEGATI AL TESTO

TAVV. 1-7: Stendimenti MASW: curve di dispersione f-k e profili in Vs, scala grafica

1. PREMESSA

FERA srl, attraverso il proprio consulente Geologo Dott. Dario Costantini, ha richiesto allo scrivente l'esecuzione di n° 7 stendimenti sismici MASW al fine di giungere ad una prima caratterizzazione fisico - meccanica ed alla definizione di verticali di rigidità e conseguenti "categorie di sottosuolo" in corrispondenza dei siti scelti per la realizzazione di 7 nuovi aerogeneratori nei Comuni di Calice Ligure, Mallare er Orco Feglino (SV).

La campagna geofisica è stata realizzata nelle date 23.11 (AG01, AG02, AG03), 30.11 (AG06, AG07), 02.12 2021 (AG04, AG05).

Nelle immagini satellitari seguenti sono indicate le ubicazioni previste per gli aerogeneratori con relativa coordinate. Le prospezioni MASW sono state centrate in corrispondenza di ognuno dei punti in questione in modo che la verticale di rigidità risultante da ogni array sismico sia corrispondente al punto di interesse.







Nel seguito una rapida descrizione della metodologia di indagine utilizzata e dei risultati ottenuti.

2. LA METODOLOGIA SISMICA MASW

Con l'entrata in vigore del D.M. 17.01.18, che sostituisce il D.M. 14.01.08 la stima della pericolosità sismica viene ancora definita mediante un approccio "**sito dipendente**": l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite "ultimi" e "di esercizio" presi in considerazione (SLO: Stato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita; SLC: Stato Limite di prevenzione del Collasso) viene definita partendo dalla **PERICOLOSITA' DI BASE** del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Rispetto al precedente D.M. è stata però ridefinita la tabella delle CATEGORIE DI SOTTOSUOLO valida in caso sia possibile l'approccio "semplificato" . Da essa sono state escluse le categorie S1 e S2:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio 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.

Inoltre il parametro "V_{seq}" coincide con il "vecchio" parametro "V_{s30}" solo in caso di presenza di depositi di potenza superiore a 30 m. In tutti gli altri casi il parametro "V_{seq}" è definito dall'espressione seguente:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con

h_i = spessore dello stato isesimo
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
N = numero di strati
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec

Quindi la "velocità equivalente" riguarda esclusivamente gli orizzonti di terreno soprastanti il bedrock rigido con Vs>800 m/s.

La "V_{seq}" e la conseguente CATEGORIA DI SOTTOSUOLO sono state definite, nel rispetto dei contenuti della Normativa vigente (che non consente più di ricavare la categoria di sottosuolo mediante $N_{SPT,30}$ o $C_{u,30}$), attraverso l'acquisizione di uno stendimento sismico MASW.

2.1. CENNI TEORICI SULLE INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò significa che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda e che a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente. In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a

frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò significa che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo, è noto come "dispersione geometrica" e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di "curva di dispersione". Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni: essa, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo, e posto di riuscire a misurarla sperimentalmente può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo di inversione avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza del mezzo (terreni).

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo MASW è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura A.1 e A2, può essere suddiviso in tre fasi:

1) Acquisizione attiva (Figura A.1);

2) Processing (Figura A.2);

3) Inversione (Figura A.3).

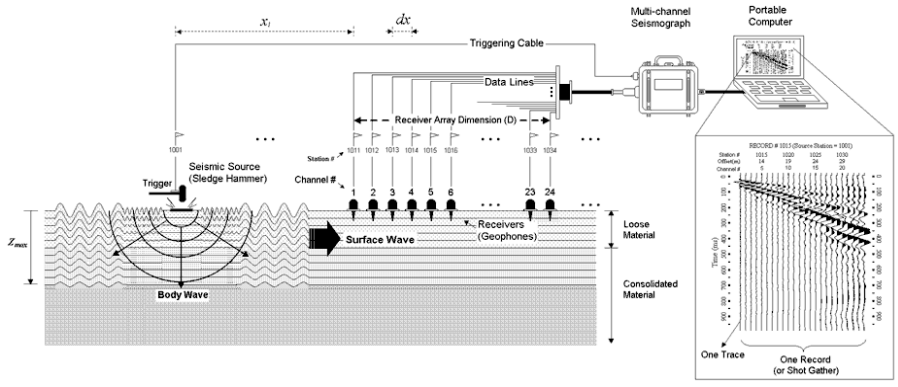


Figura A.1- Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R, determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$V_R(f) = 2\pi f/k$

Riportando le coppie di valori (V_R,f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura A.2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo (visco)-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato ("convergenza") quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura A.3).

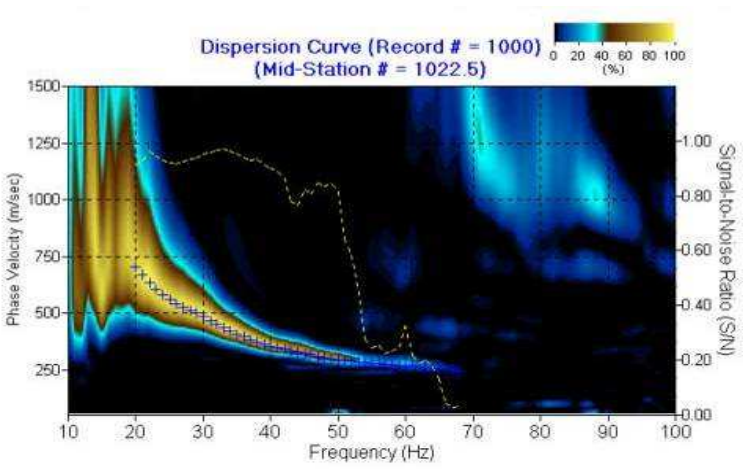


Figura A.2 Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

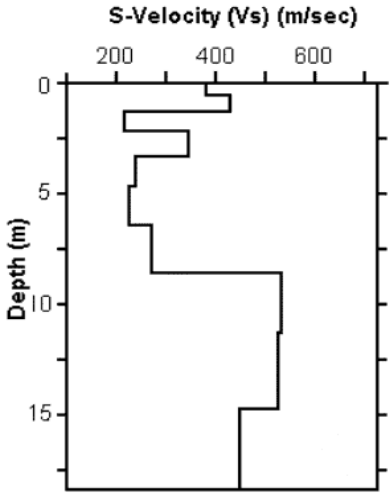


Figura A.3 Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

2.2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici da superficie con tecnica MASW è stata realizzata con il sismografo Daq Link III a 24 canali e 24 bit associato a geofoni Sunful a bassa frequenza (4.5 Hz).



Seismic Source Daq Link III

L'adozione di sensori a bassa frequenza congiuntamente ad un acquisitore ad elevata dinamica consente una fedele ricostruzione del segnale ed un dettagliato campionamento dell'impulso sismico.
I sette array MASW sono costituiti da 12 geofoni con spaziatura 3.0 m.
Presso ogni array MASW sono state utilizzate 5 stazioni di energizzazione in offset al geofono G1, con distanza rispetto allo stesso geofono di 3.0, 6.0, 9.0, 12.0, 15.0 m.
Per la generazione degli impulsi sismici è stata utilizza una massa battente (mazza con testa da 8.0 kg) accelerata a mano. Lo strumento di contrasto è costituito da una piastra in ghisa poggiata al suolo.
Il tempo zero è comunicato via geofono starter collocato in aderenza alla piastra di battuta.



La finestra di campionamento utilizzata in tutti i casi è stata di ampiezza pari a 1 s.

Presso ogni punto di energizzazione sono stati generati cinque impulsi sismici al fine di poter effettuare lo stacking (sommatoria incrementale degli impulsi).

2.3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



MASW_1 (AG01): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_1 (AG01): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_2 (AG02): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_2 (AG02): array ripreso dal punto di quinta energizzazione in offset (D = 3.0 m da geofono G1)



MASW_2 (AG02): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_3 (AG03): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_3 (AG03): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_4 (AG04): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_4 (AG04): array ripreso dal punto di quinta energizzazione in offset (D = 3.0 m da geofono G1)



MASW_4 (AG04): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_5 (AG05): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_5 (AG05): array ripreso dal punto di quinta energizzazione in offset (D = 3.0 m da geofono G1)



MASW_5 (AG05): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_6 (AG06): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_6 (AG06): array ripreso dal punto di quinta energizzazione in offset (D = 3.0 m da geofono G1)



MASW_6 (AG06): array ripreso dall'estremo finale (G12)



MASW_7 (AG07): array ripreso dal punto di prima energizzazione in offset (D = 15.0 m da geofono G1)



MASW_7 (AG07): array ripreso dal punto di quinta energizzazione in offset (D = 3.0 m da geofono G1)



MASW_7 (AG07): array ripreso dall'estremo finale (G12)

2.4. CLASSIFICAZIONE SISMICA – RISULTATI DELLE INDAGINI MASW

Le curve di dispersione f - k associate ai profili in velocità delle onde di taglio ed ubicate indicativamente al centro degli array MASW, i relativi profili verticali delle onde di taglio a seguito delle inversioni numeriche (l'asse orizzontale indica le profondità dal piano campagna, l'asse verticale le velocità equivalenti delle onde di taglio) ed i relativi valori numerici "profondità - velocità onde di taglio sono visibili in allegato alle Tavole dalla 1 alla 7.

Il *picking* lungo le curve di dispersione è stato definito lungo i punti di massima ampiezza nel modo fondamentale in tutti e sette i casi.

Il Geologo consulente della Committenza, Dott. Costantini, ha richiesto di definire i parametri "$V_{s,eq}$" e le conseguenti categorie di sottosuolo riferendosi all'attuale piano campagna.

Si ottengono i seguenti risultati.

ARRAY	Vs,eq	H	CAT. SOTTOSUOLO (approccio semplificato)
MASW_1, AG01	396	16.37	B
MASW_2, AG02	682	8.13	B
MASW_3, AG03	456	8.39	B
MASW_4, AG04	493	14.51	B
MASW_5, AG05	400	16.67	B
MASW_6, AG06	442	28.26	B
MASW_7, AG07	408	16.65	B

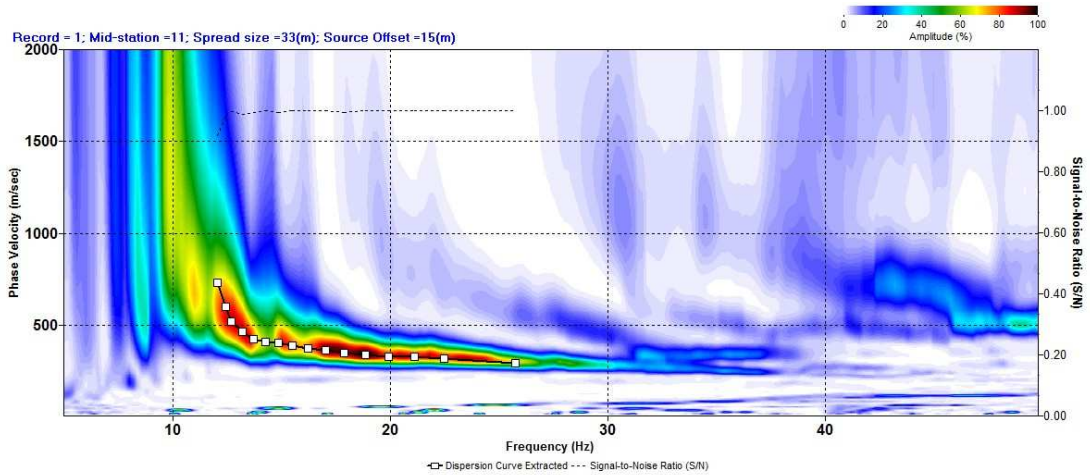
Si ritiene doveroso sottolineare un aspetto: le coperture eluviali risultano ovunque deboli e quindi il substrato roccioso subaffiorante, ma le condizioni dello stesso restano scadenti, dal punto di vista geomeccanico, fino a profondità notevoli.

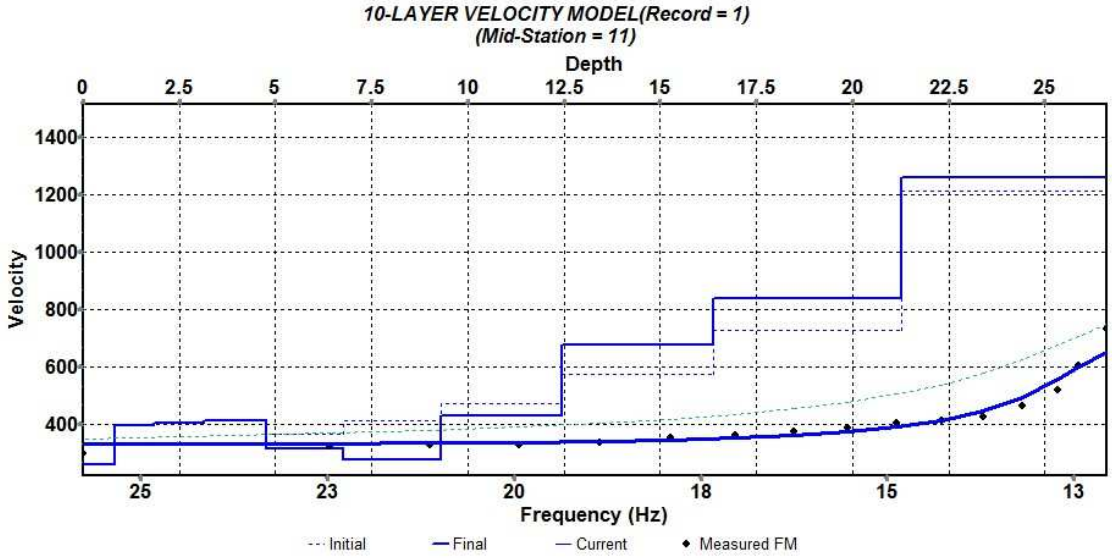
Il bedrock "rigido" ex NTC 2018 è presente a profondità comprese tra un minimo di 8 m ed un massimo di 28 m (quest'ultimo valore in MASW_6, ma va sottolineato come in MASW_6 non siano evidenziabili inversioni di velocità: si legga nell'immediato seguito).

Con esclusione di MASW_6 e, sostanzialmente, di MASW_2 (in quanto in quest'ultima l'evidenza è trascurabile), tutte le prospezioni eseguite evidenziano inversioni di velocità nelle verticali Vs verosimilmente riconducibili a disturbi tettonici in seno all'ammasso roccioso (nella sua porzione non rigida).

Tali inversioni risultano particolarmente "robuste" in MASW_1, MASW_4 e MASW_5 in un intervallo di profondità comune e compreso, indicativamente, tra 5 m e 12 m.

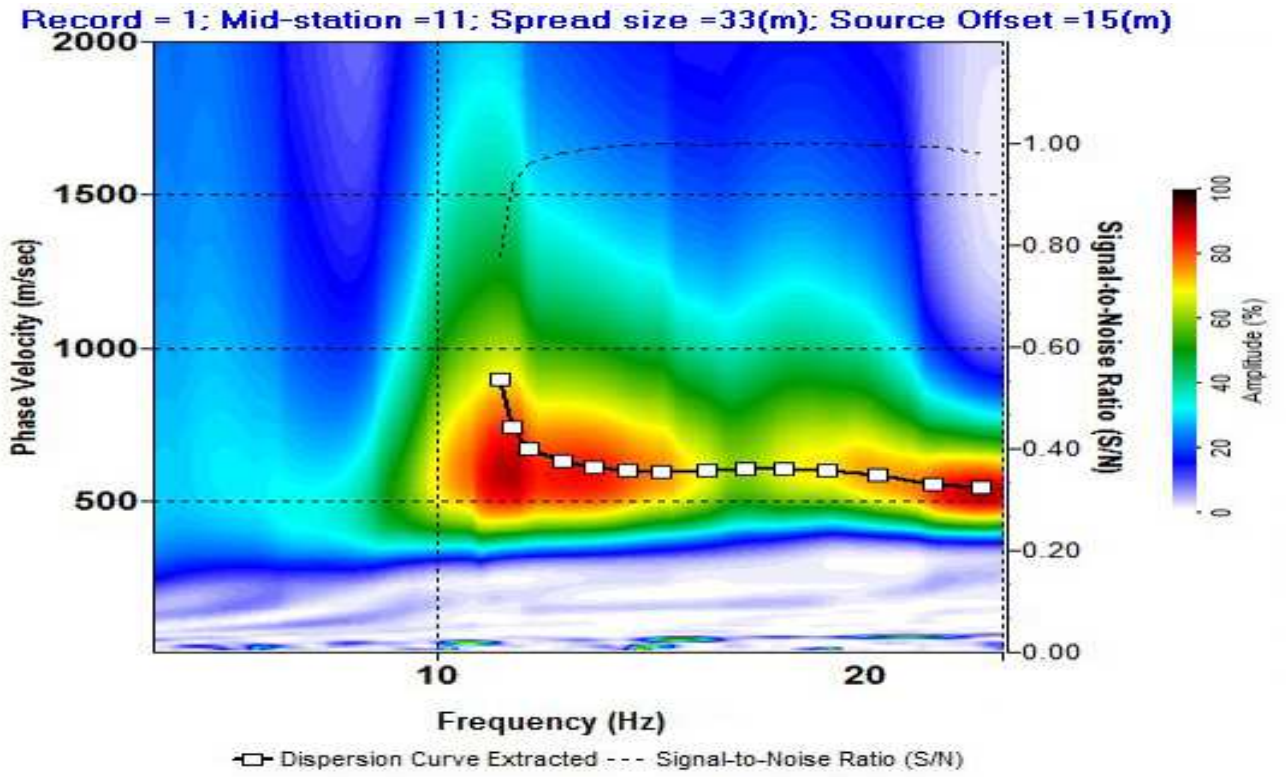
STENDIMENTO MASW1 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG01: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

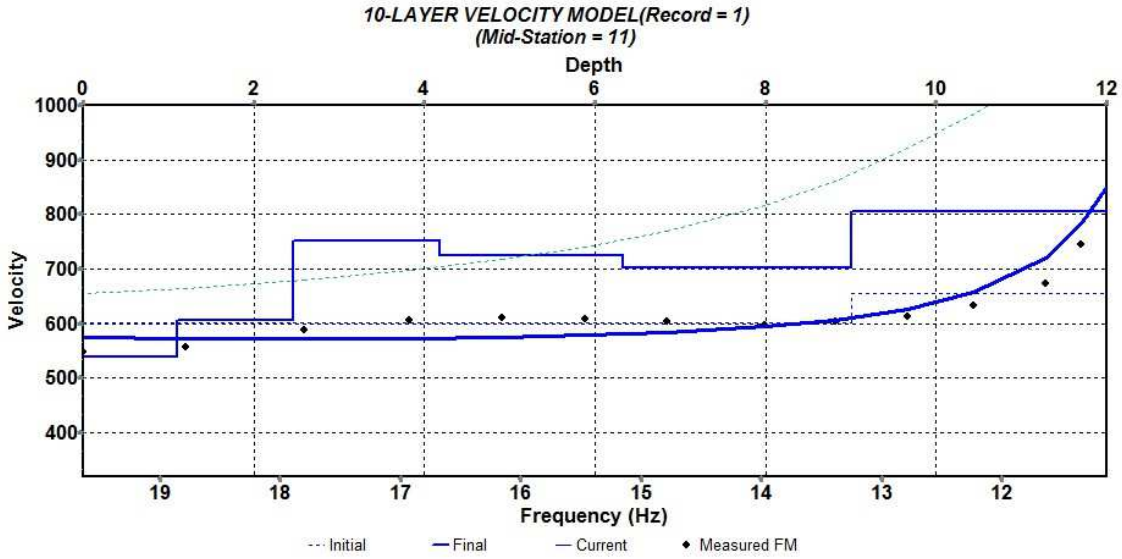




PROF. (m)	Vs (m/s)
-0.825	262.373
-1.856	399.017
-3.145	406.054
-4.756	412.768
-6.770	315.406
-9.288	280.244
-12.435	429.966
-16.369	676.951
-21.287	839.191
-26.609	1259.687

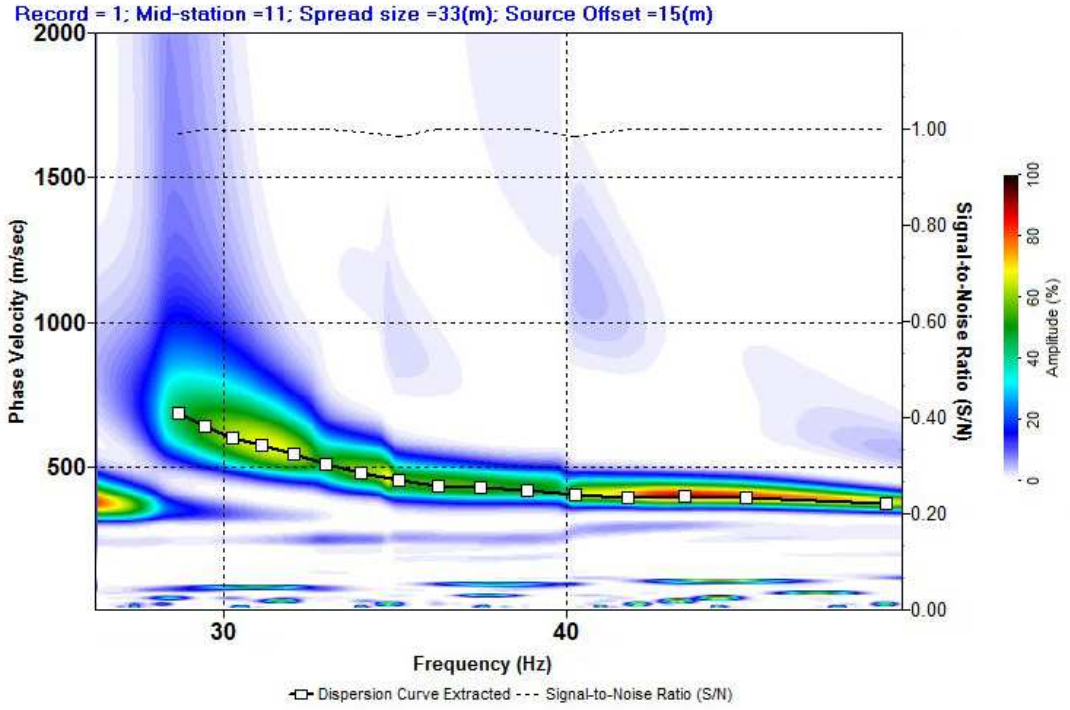
STENDIMENTO MASW2 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG02: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

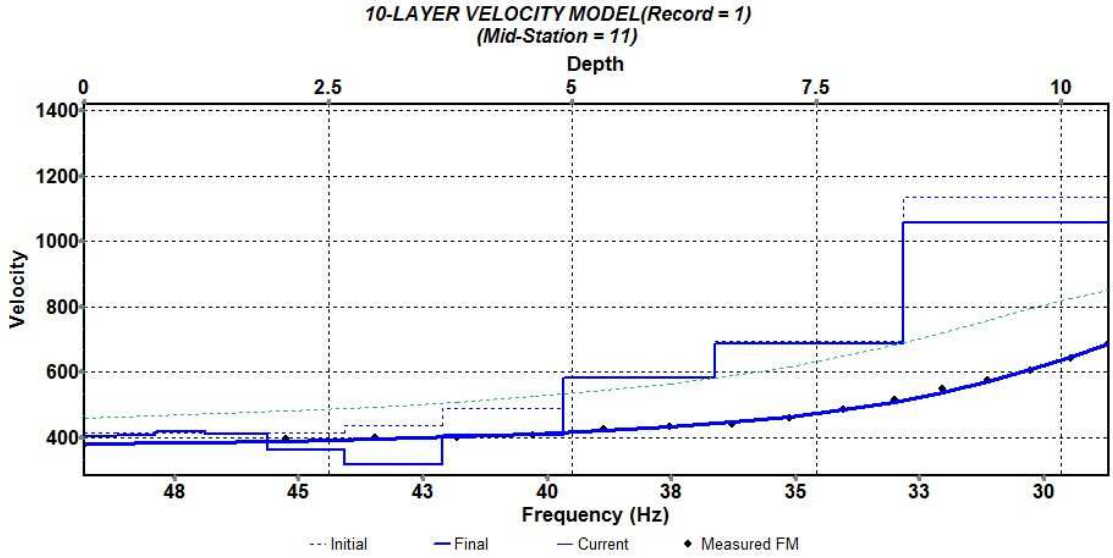




PROF. (m)	Vs (m/s)
-1.097	539.570
-2.468	606.902
-4.181	752.287
-6.323	724.087
-9.000	702.321
-12.347	804.176

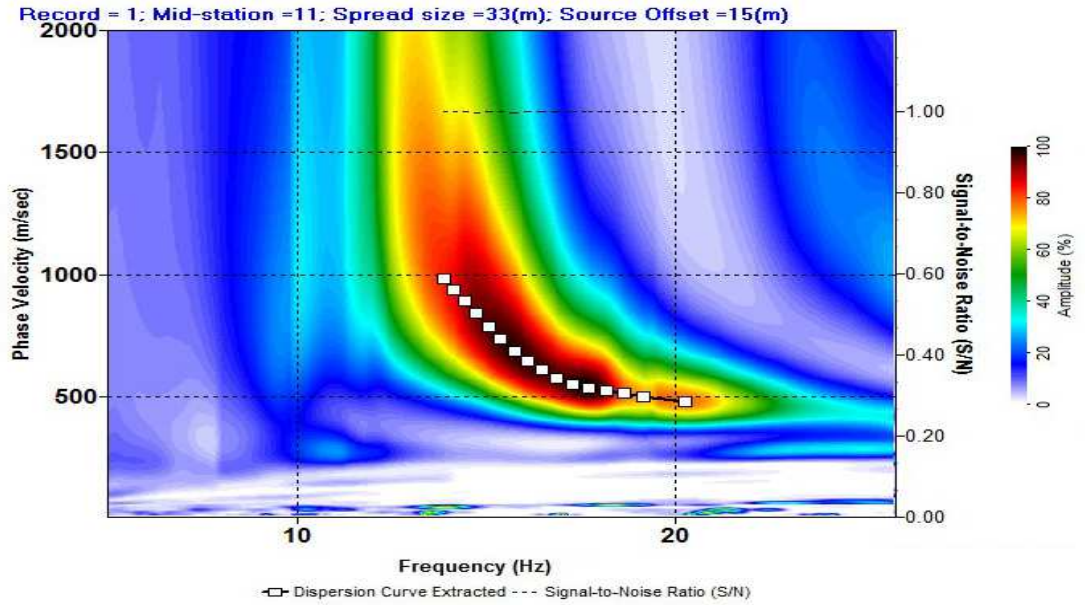
STENDIMENTO MASW3 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG03: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

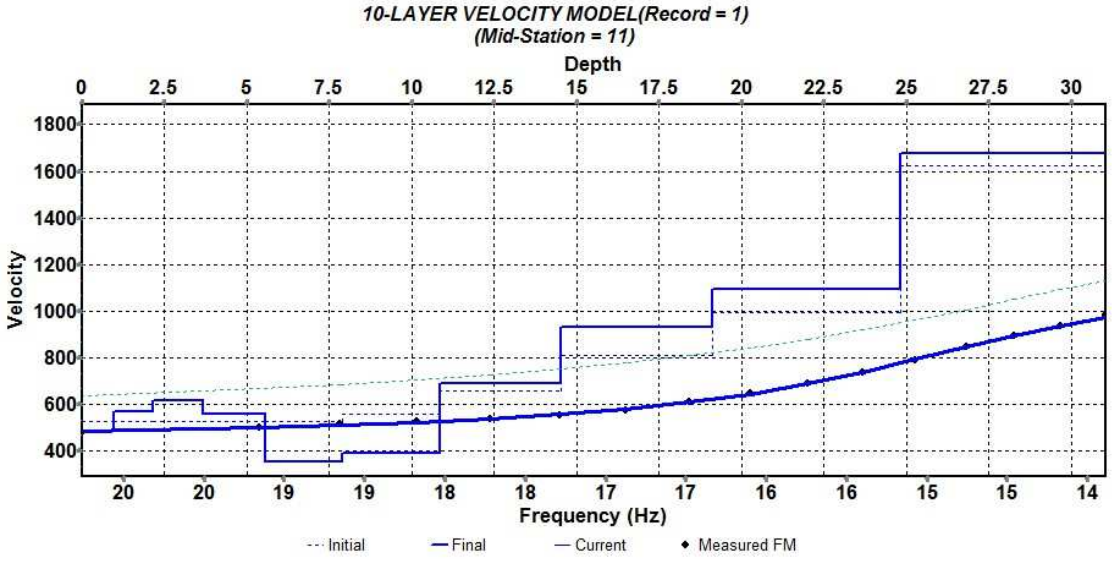




PROF. (m)	Vs (m/s)
-0.325	401.499
-0.732	407.226
-1.240	419.349
-1.875	410.516
-2.669	363.333
-3.662	317.261
-4.903	408.336
-6.454	583.654
-8.392	688.056
-10.490	1056.762

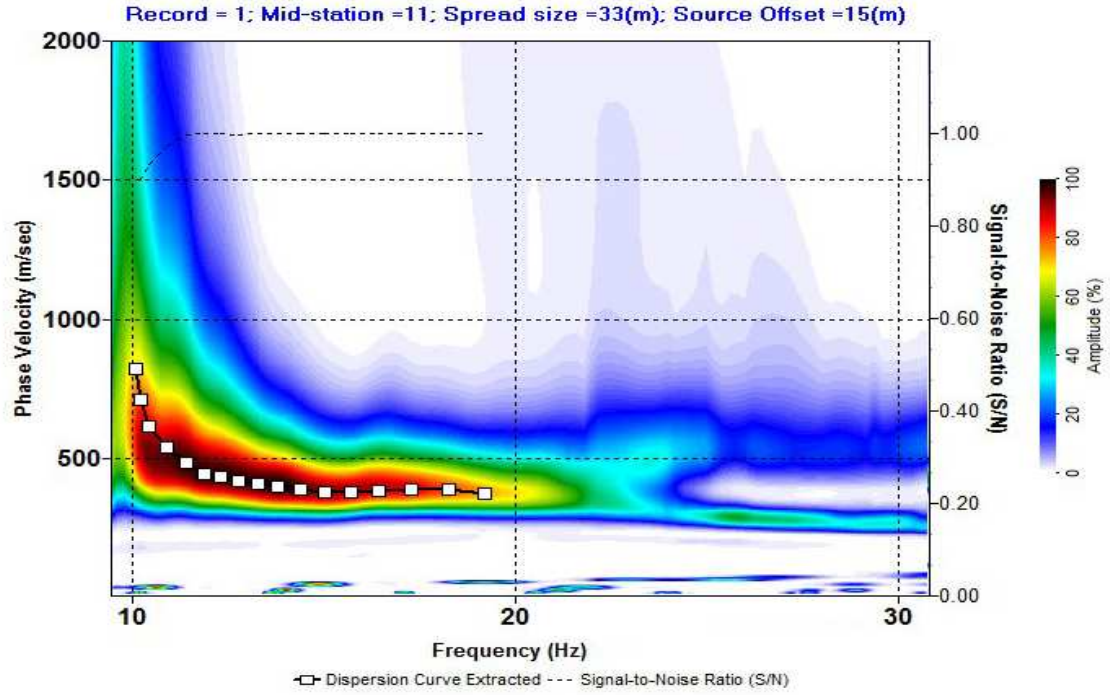
STENDIMENTO MASW6 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG04: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

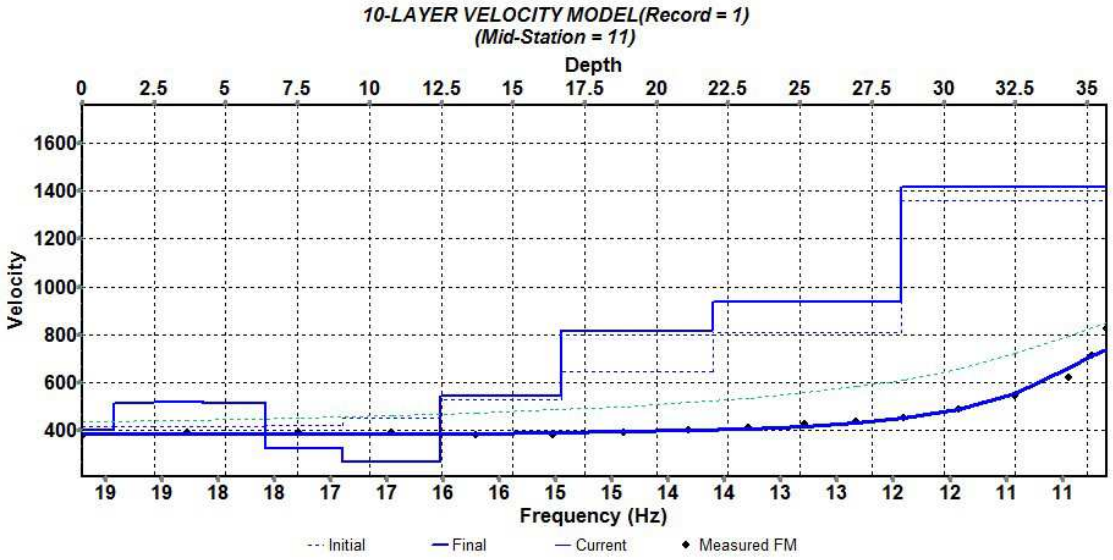




PROF. (m)	Vs (m/s)
-0.963	483.623
-2.166	570.947
-3.670	616.892
-5.550	561.496
-7.900	353.421
-10.838	389.073
-14.510	688.694
-19.100	931.860
-24.838	1093.178
-31.047	1676.342

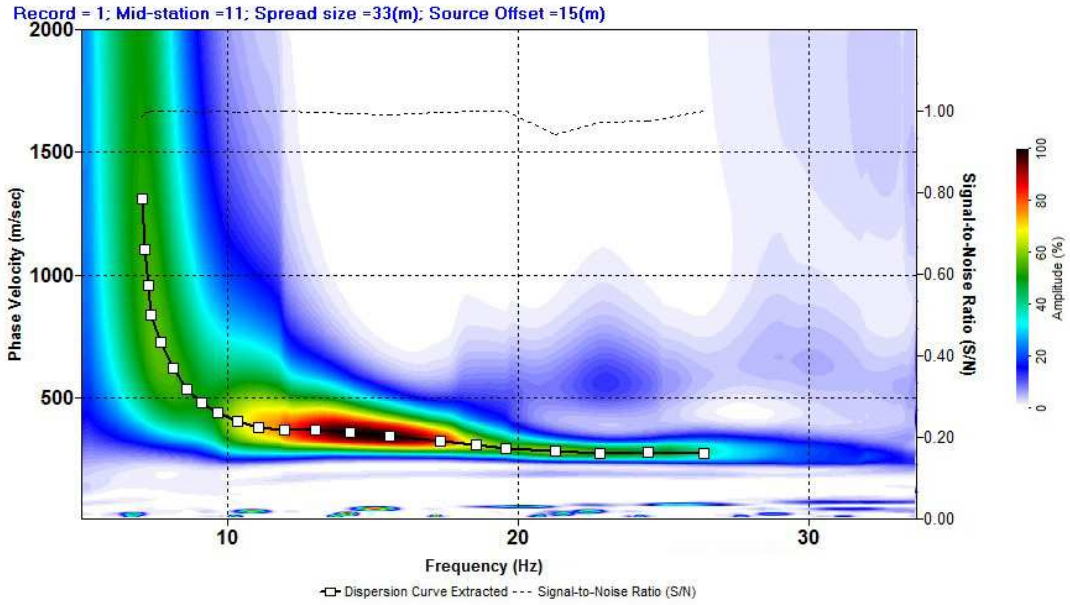
STENDIMENTO MASW6 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG05: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

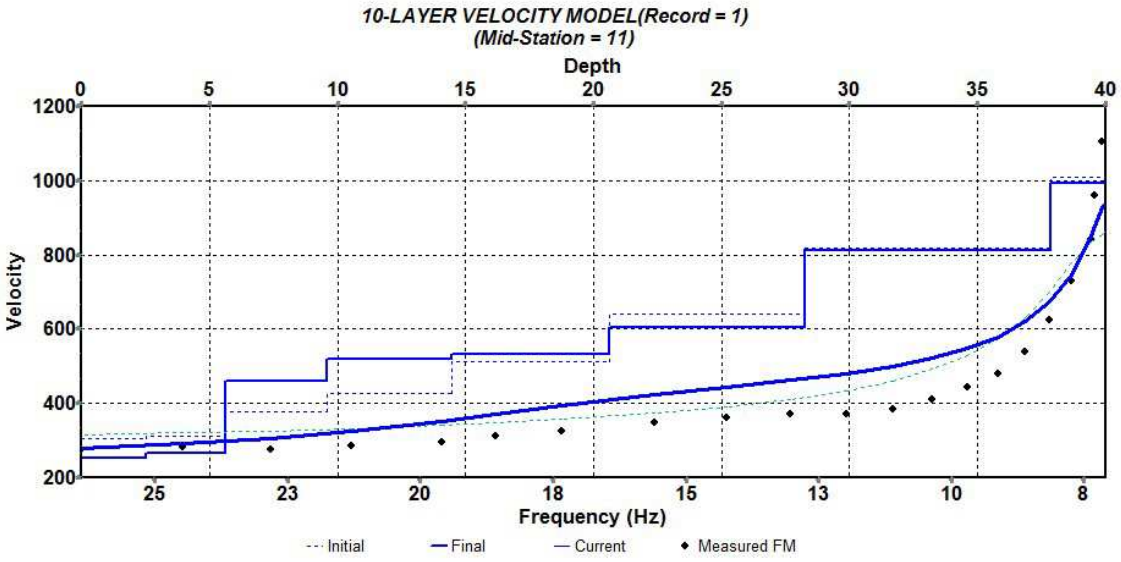




PROF. (m)	Vs (m/s)
-1.106	399.006
-2.489	512.889
-4.217	518.698
-6.378	515.679
-9.079	326.281
-12.455	267.718
-16.675	544.055
-21.950	811.300
-28.544	938.625
-35.680	1418.505

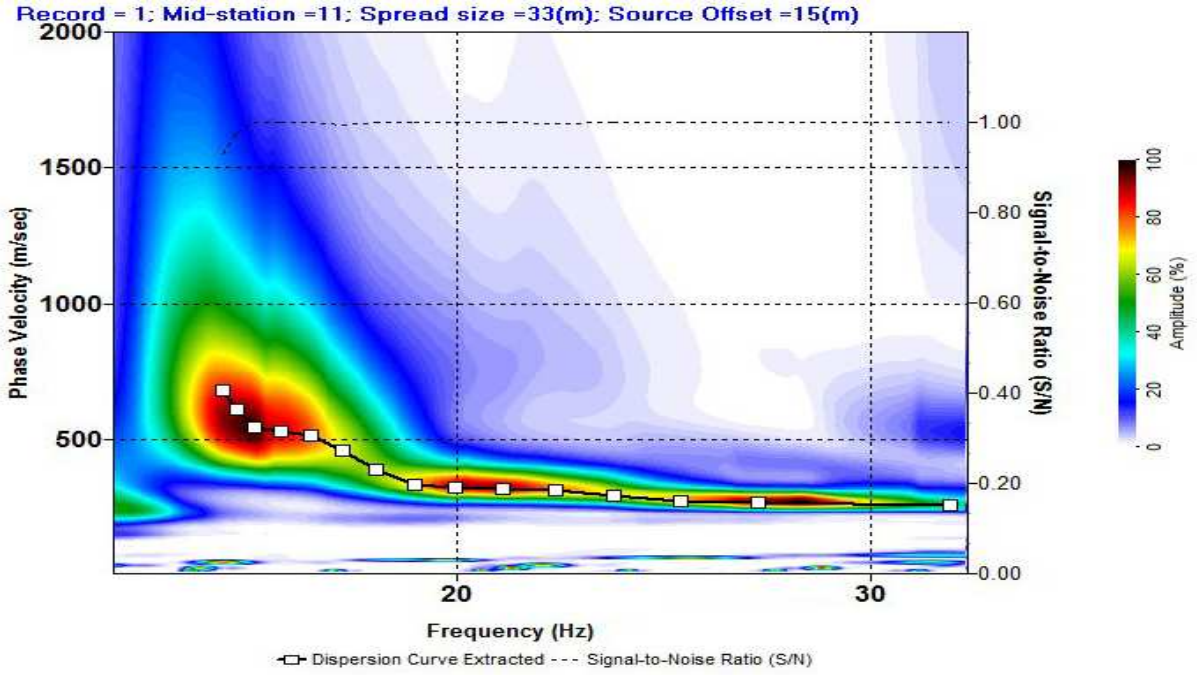
STENDIMENTO MASW6 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG06: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

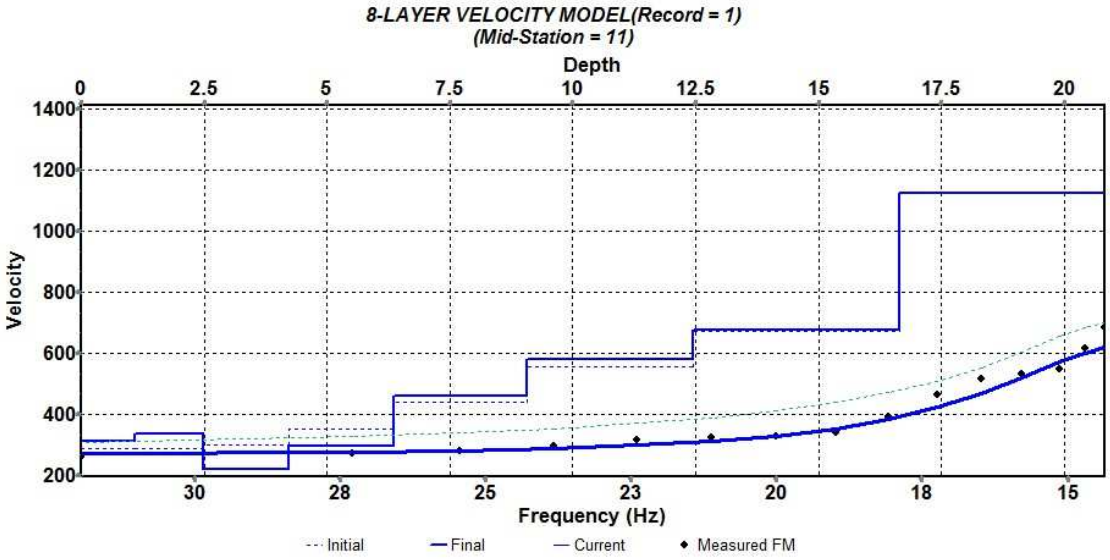




PROF. (m)	Vs (m/s)
-2.511	253.431
-5.650	266.480
-9.573	458.548
-14.477	518.244
-20.607	532.957
-28.270	603.442
-37.849	809.039
-49.822	993.789

STENDIMENTO MASW7 PRESSO UBICAZIONE AEROGENERATORE AG07: CURVA DI DISPERSIONE F-K E PROFILO IN Vs, SCALA GRAFICA

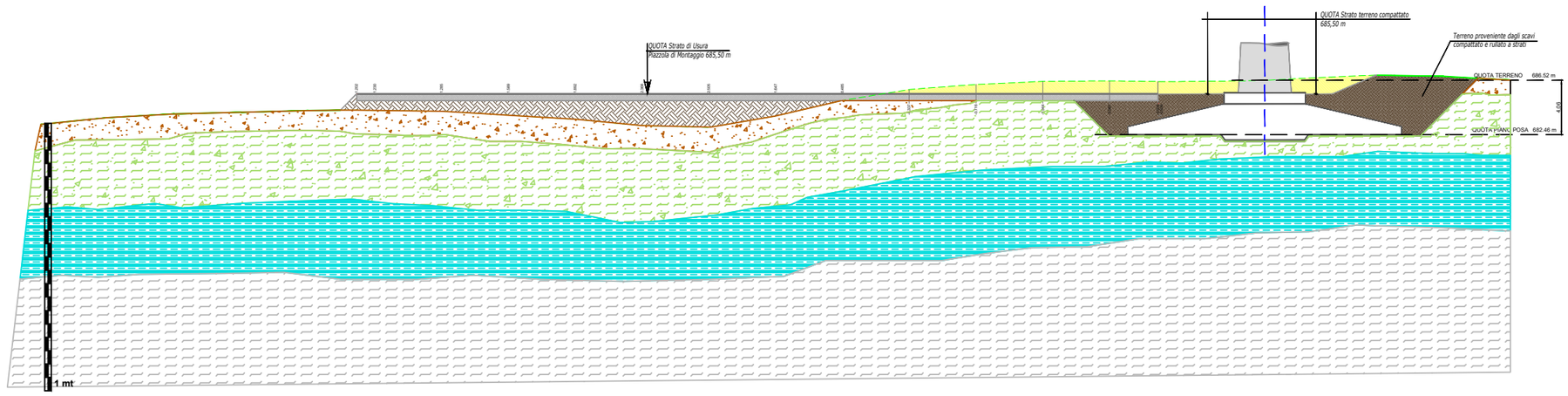




PROF. (m)	Vs (m/s)
-1.105	309.635
-2.486	333.848
-4.213	219.289
-6.371	295.925
-9.069	457.979
-12.441	577.930
-16.656	673.610
-20.820	1123.285

SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG01

Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)

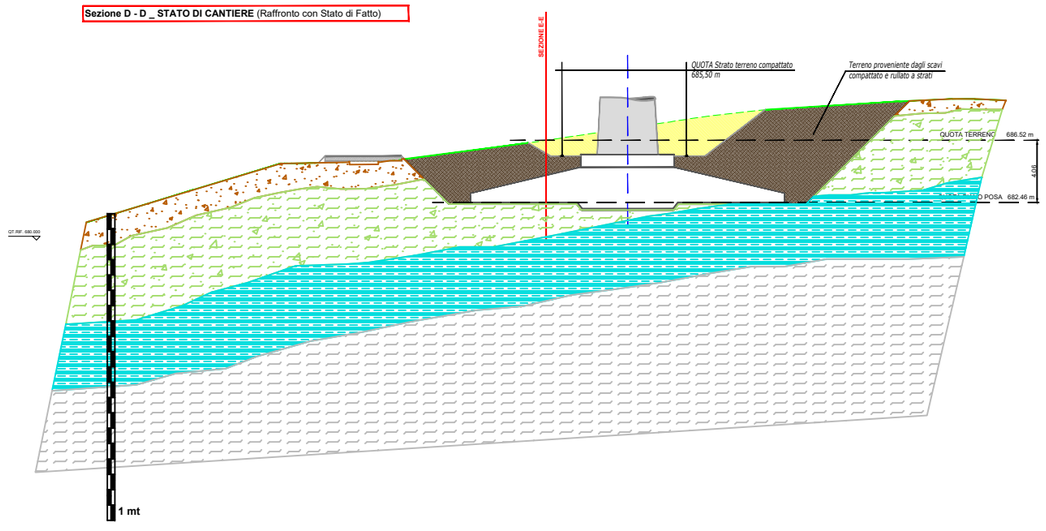


LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

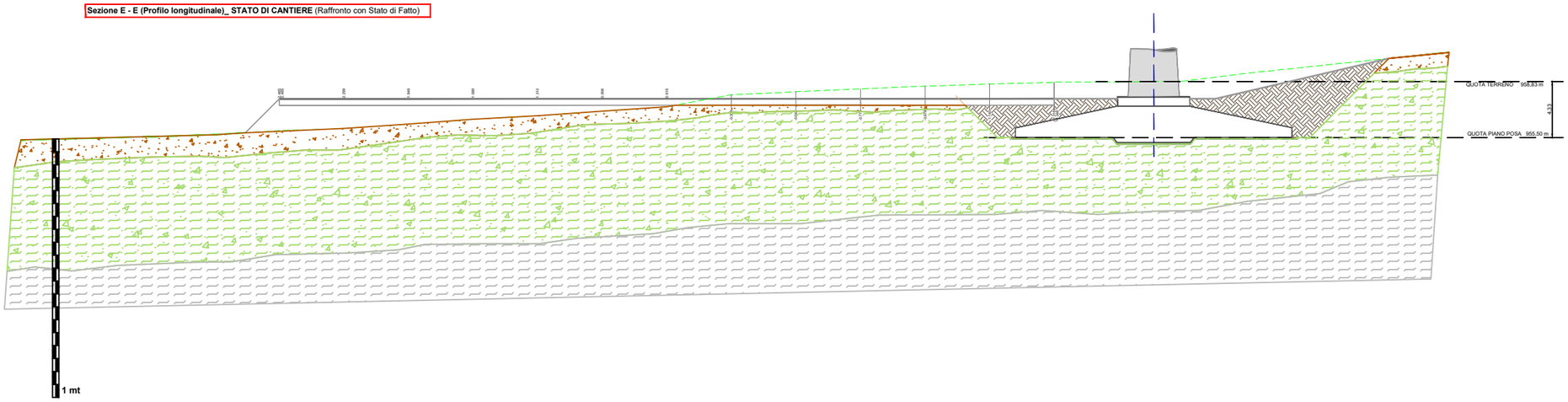
ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)

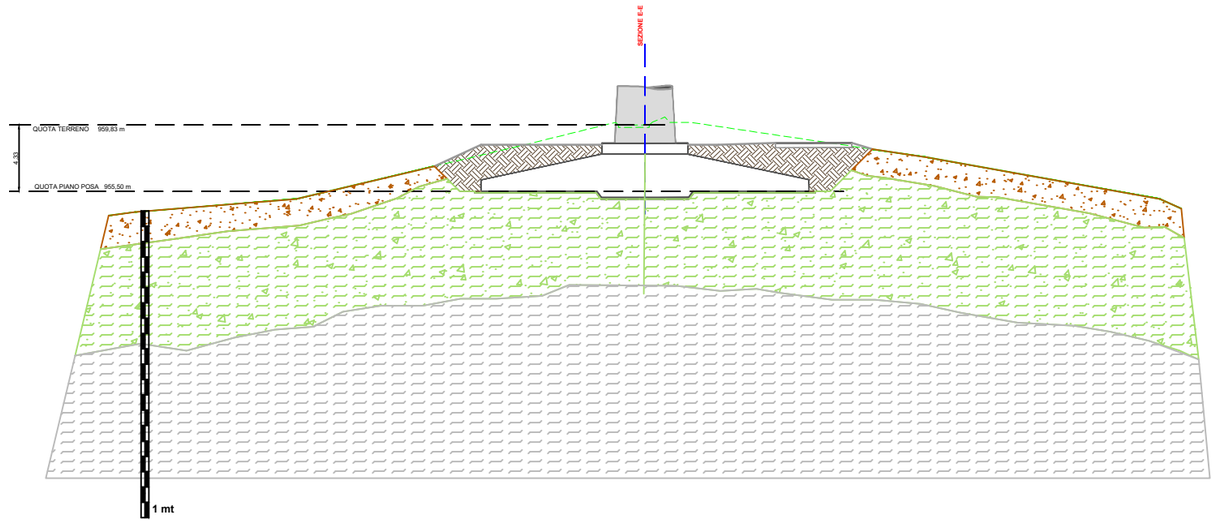


SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG02

Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



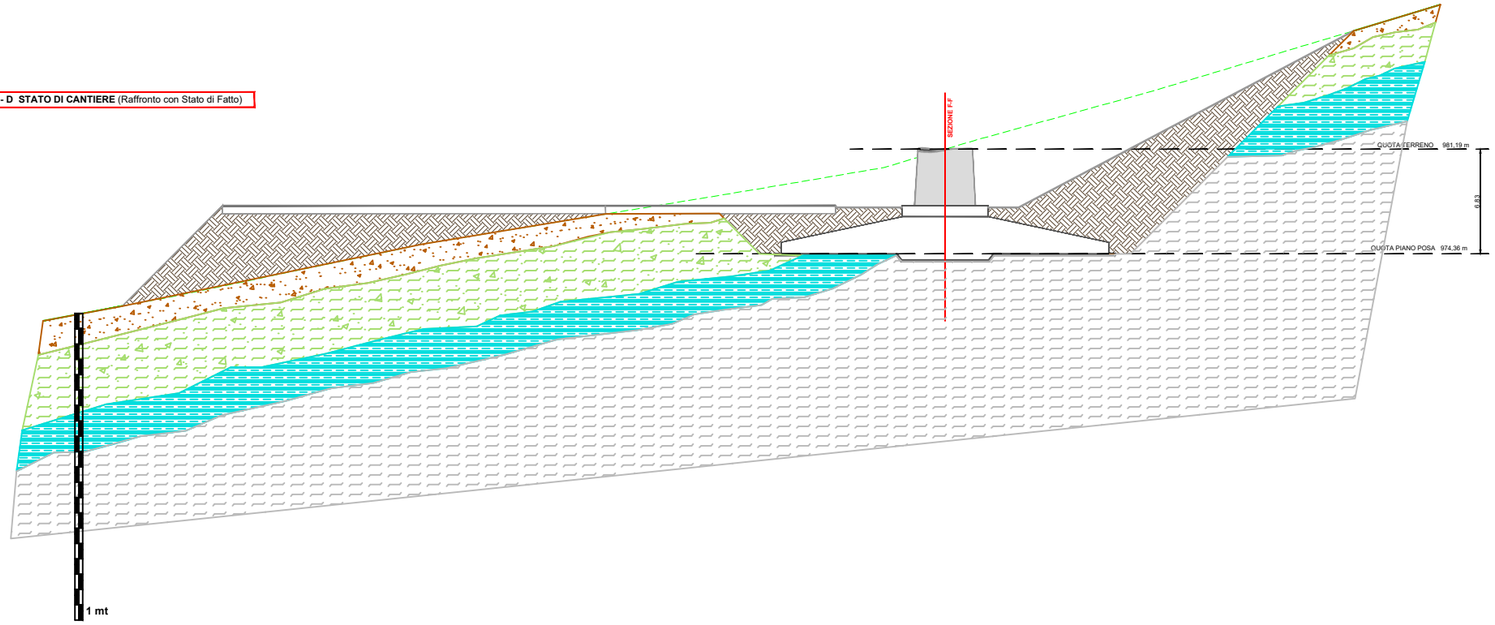
LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con possibile presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG03

Sezione D - D STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)

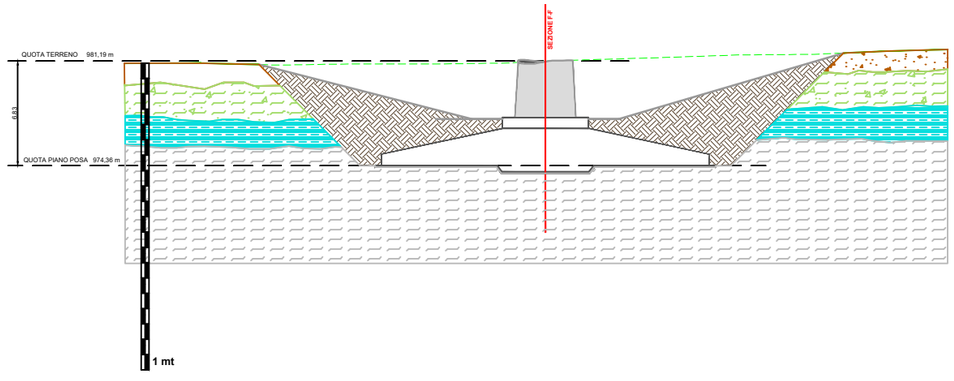


LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

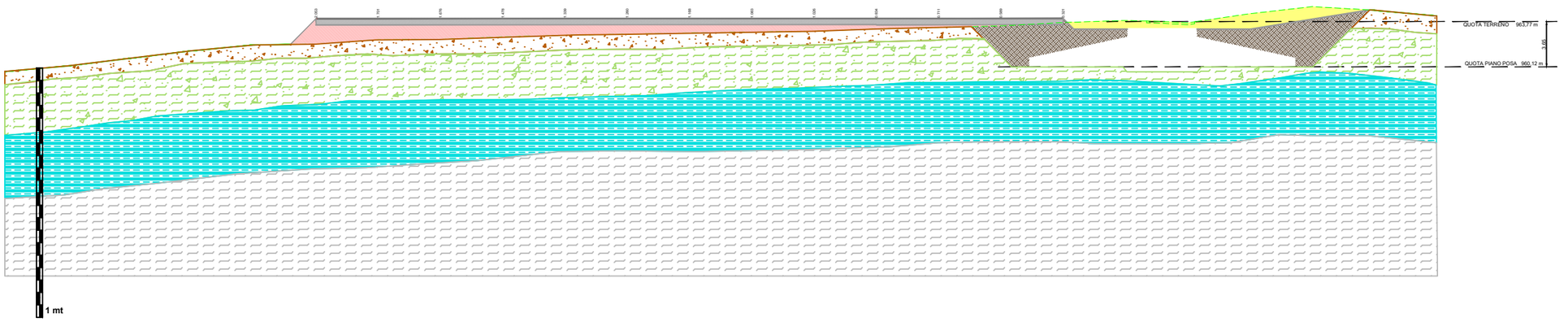
ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

Sezione F - F (Profilo longitudinale su Asse Plinto)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG04

Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)

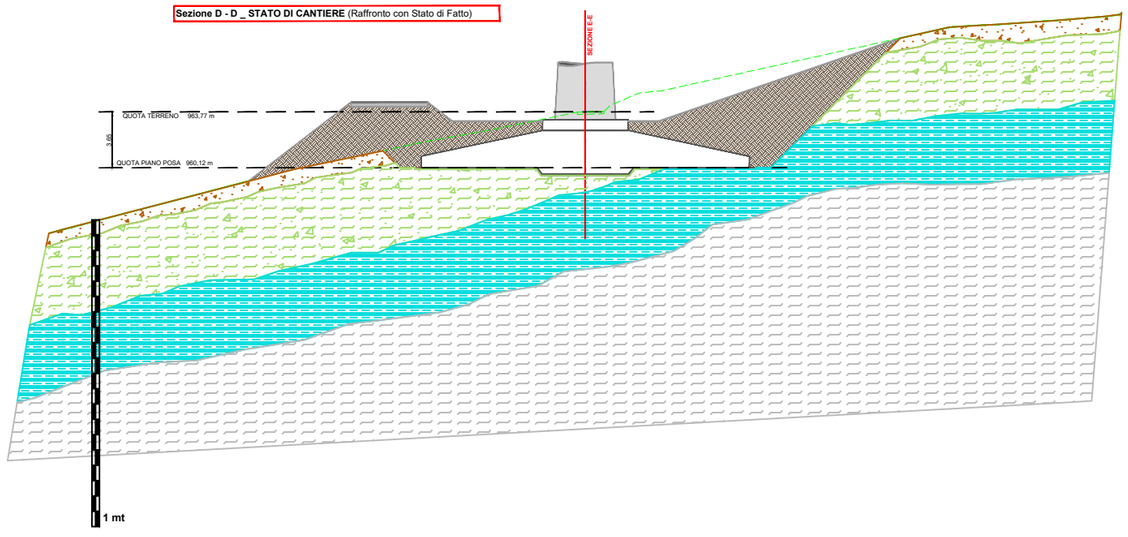


LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

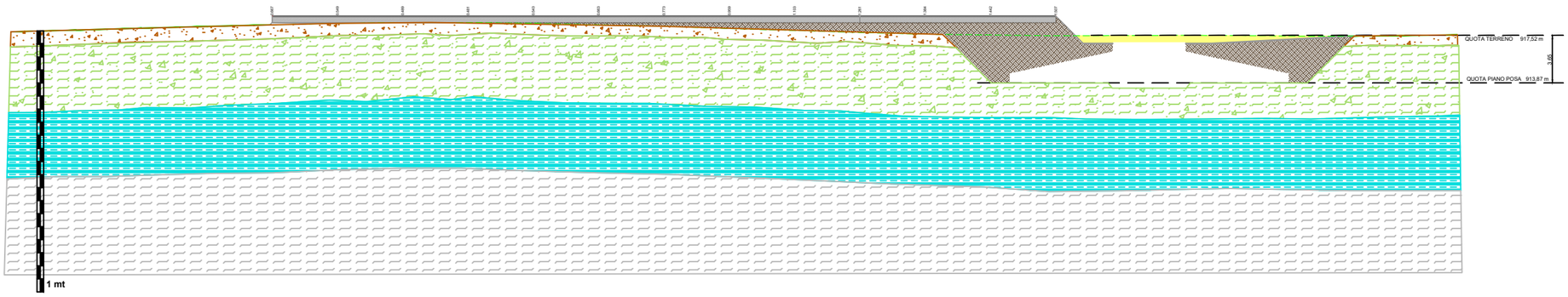
ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG05

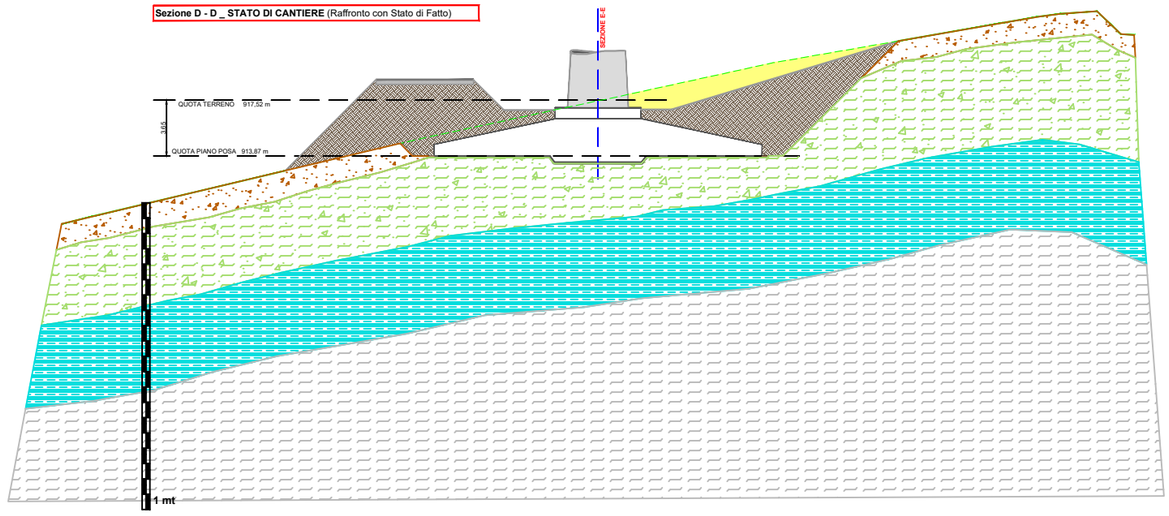
Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

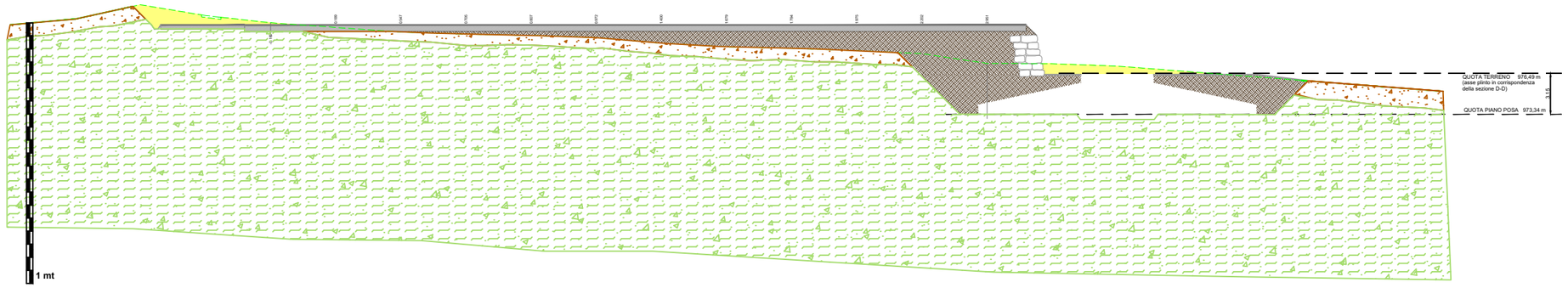
Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG06

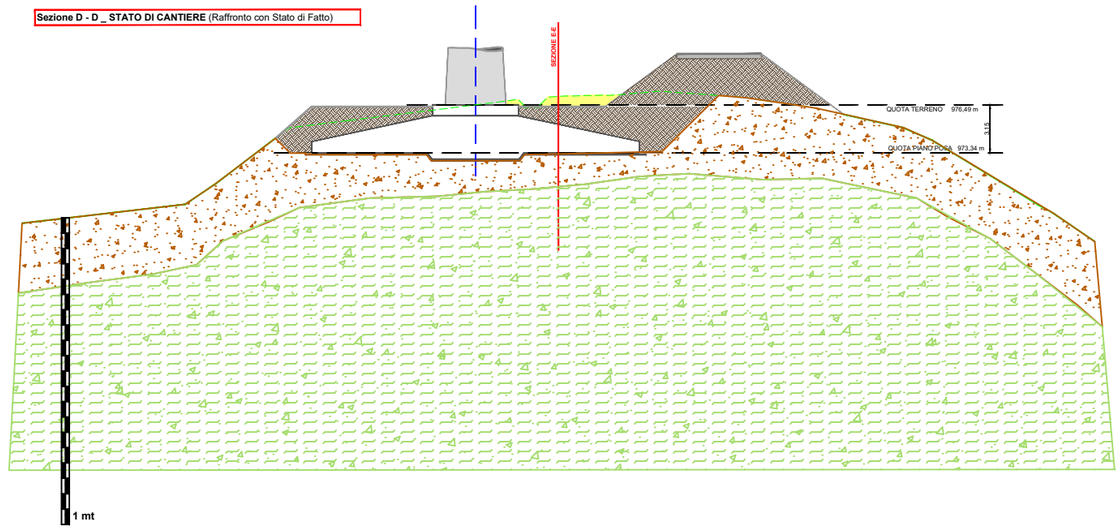
Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*

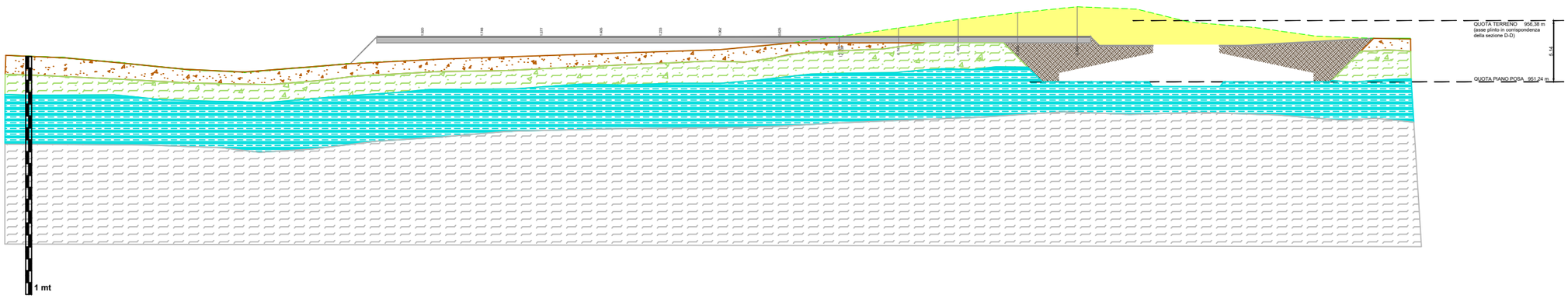
Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con possibile presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE
piazzola e torre eolica - AG07

Sezione E - E (Profilo longitudinale)_ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)



LEGENDA

- *Riporti compattati*
- *Coltre detritica superficiale*
- *Regoiite del substrato roccioso*
- *Substrato roccioso destrutturato e milonitizzato*
- *Substrato roccioso alterato (porfiroidi scistosi)*

ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO
Substrato geologico caratterizzato da rocce metamorfiche di origine vulcanica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno), sottoposte ad uno spesso strato di roccia fortemente alterata (con presenza di interstrati milonitici) e ad uno livello di coltre detritica eluvio-colluviale di spessore compreso tra 1 e 2 mt.
Attualmente il sedime di progetto e il suo intorno è da ritenersi sufficientemente saldo e stabilizzato ed esterno ad aree in dissesto potenziale o effettivo.

Sezione D - D _ STATO DI CANTIERE (Raffronto con Stato di Fatto)

