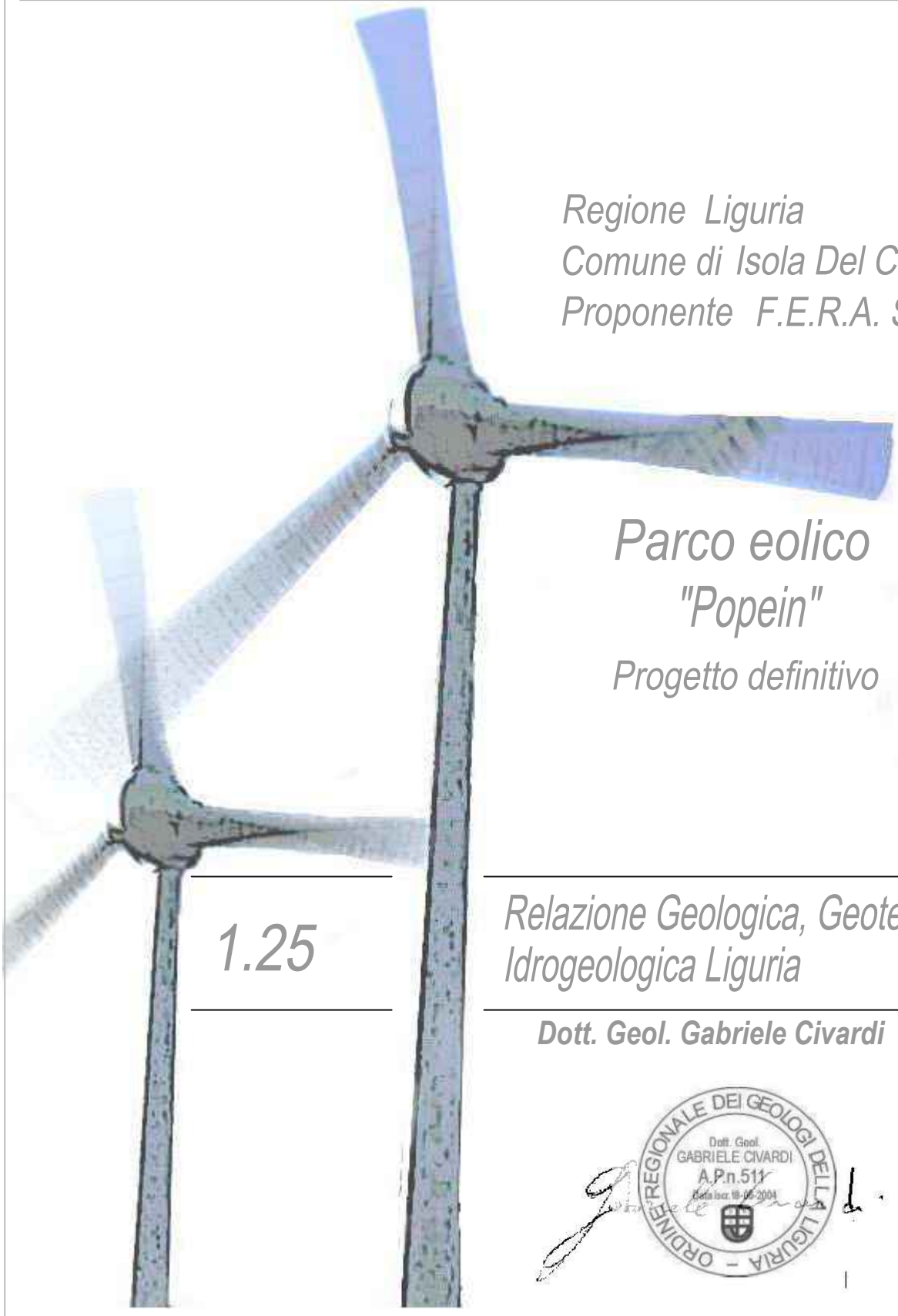
Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Cavour, 7 - 20121 Milano
T: +39 02 62690471 F: +39 02 32066804
info@ferasrl.it; www.ferasrl.it
P.IVA 13393960151

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



Regione Liguria
Comune di Isola Del Cantone (GE)
Proponente F.E.R.A. Srl

Parco eolico "Popein"

Progetto definitivo

1.25

Relazione Geologica, Geotecnica e Idrogeologica Liguria

Dott. Geol. Gabriele Civardi

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. GABRIELE CIVARDI
A.P.n.511
Data Iscr. 18-06-2004

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
Febbraio 2023	Rev.B	Aggiornamento	G.Civardi	G.Civardi	G.Caroli
Ottobre 2021	Rev.A	Prima Emissione	G.Civardi	G.Civardi	F.Bertuccio

Comm. **Elaborato:** IDC-1.25B_Relazione Geologica, Geotecnica e Idrogeologica Liguria.doc **Scala:**

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

DOTT. GEOL. GABRIELE CIVARDI
Geologia – Idrogeologia – Geofisica
Acustica ambientale
Sicurezza del lavoro

COMUNE DI ISOLA DEL CANTONE

Provincia di Genova

Oggetto:
Realizzazione impianto eolico all'interno del territorio comunale del Comune di Isola del Cantone.

Contenuto:
RELAZIONE TECNICA – ADEGUAMENTO FUNZIONALE – REV B

Committente:
F. E. R. A. Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.

Data
Genova, Febbraio 2023

N° lavoro
135B/G

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

INDICE

1 – PREMESSA.....3

2 – ESAME DEL PROGETTO.....4

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO.....6

3.1 – Geologia.....6

3.2 – Geomorfologia.....7

3.3 – Idrogeologia.....15

4 – RILEVAMENTO GEOLOGICO.....16

5 - PROVE IN SITO.....21

5.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte.....21

6 - NOTE GEOTECNICHE.....24

6.1 - Coltre.....24

6.2 – Substrato roccioso.....24

6.3 – Dati geotecnici di sintesi.....24

6.3.1 - Coltre.....25

6.3.2 – Cappellaccio di alterazione.....25

6.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati).....25

6.3.4 – Substrato roccioso (argilliti).....25

7 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO.....26

7.1 – Classificazione sismica regionale.....26

8 – STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO.....27

9 - INDICAZIONI OPERATIVE.....27

9.1 – Scavi.....27

9.2 – Riempimenti.....28

10 – ASPETTI AMMINISTRATIVI.....29

10.1 – Vincolo idrogeologico.....29

10.2 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (VBP).....29

11 – CONCLUSIONI.....30

ALLEGATI

- ✓ **MODELLAZIONE SISMICA**
- ✓ **TAVOLA A: Carta geologica in scala 1:5000**
- ✓ **TAVOLA B: Delimitazione delle aree in dissesto del VBP**
- ✓ **TAVOLA C: Sezioni geologiche interpretative in scala 1:200**
- ✓ **Tabulati prove sismiche**
- ✓ **Valutazione stabilità fronti di scavo**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

1 – PREMESSA

Con riferimento alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica all'interno del territorio comunale di Isola del Cantone, lo scrivente Geol. Gabriele Civardi , iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria al n° AP 511*, tecnico competente in acustica ambientale* **(D.G.R.L. n° 1461 del 26/06/2005)**, di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di evidenziare eventuali problematiche di ordine geologico in senso lato.

Lo studio si prefigge quindi di evidenziare i principali parametri geotecnici del terreno nonché le possibili problematiche derivanti dalle sue caratteristiche stratigrafiche, con riferimento sia alle fasi di sbancamento sia alle varie fasi costruttive, fornendo i suggerimenti necessari per effettuare le scelte tecniche operative più idonee.

Le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo sono state evidenziate attraverso osservazioni di campagna, sulla base della cartografia tecnica regionale e ancora attraverso la comparazione con situazioni note in zone limitrofe.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento è stato ritenuto necessario effettuare una campagna di indagini geofisiche, tramite l'esecuzione di una serie di stese di sismica.

E' prevista, in fase esecutiva, l'esecuzione di alcune indagini di dettaglio (sondaggi), che verranno concordate con i progettisti e la società che realizzerà l'intervento.

Le informazioni riportate nella carta geologica di sintesi sono tratte da osservazioni dirette e dalla cartografia tematica allegata al PRG del Comune di Isola del Cantone.

La seguente relazione sarà quindi così articolata:

- Esame del progetto;
- Inquadramento idro-geomorfologico;

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

- Caratterizzazione dei parametri geotecnici del terreno;
- Caratterizzazione sismica del terreno di fondazione;
- Valutazione della stabilità dei fronti di scavo;
- Indicazioni sulle modalità di esecuzione dell'opera in base ai risultati ottenuti dai punti precedenti;
- Aspetti amministrativi che riguardano l'area di intervento.

2 – ESAME DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico tramite la costruzione di quattro torri eoliche con annessa una cabina elettrica d'impianto e la sottostazione. Le torri presenteranno un'altezza pari a circa 91.5 m e la cabina di trasformazione inserita all'interno.

La fondazione della torre eolica sarà di forma circolare ed avrà un diametro di circa 15 m.

Il parco eolico sarà collegato alla rete elettrica nazionale di trasporto tramite una cabina di consegna dell'energia elettrica ed una sottostazione, per la trasformazione dell'energia prodotta e la sua immissione in rete. La linea elettrica sarà completamente interrata.

L'energia elettrica in bassa tensione necessaria alle operazioni di manutenzione del parco è fornita attraverso le strutture del parco prelevandola dal trasformatore per i servizi ausiliari.

Per quanto riguarda la via di accesso alla torre verranno realizzati alcuni nuovi tratti di strada di servizio interno al parco eolico. Inoltre sono previsti dei ridotti interventi di allargamento e sistemazione della strada esistente per permettere il trasporto e montaggio delle torri.

L'intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 43000 m^3 da effettuarsi in parte in coltre ed in parte in roccia. Per la piazzola gli

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 6 m.

Le turbine sono allacciate al nuovo stallo utente mediante cavidotto MT che, in uscita da AG01, si sviluppa in direzione Case del Passo; da qui, supera Case di Tanadorso e Cipollina e arriva, attraverso viabilità sterrata in prossimità di Case Banchetta; il tracciato prosegue quindi mediante viabilità comunale asfaltata fino a Borgo Fornari per riprendere quindi il tracciato autorizzato fino all'area del nuovo Stallo Utente.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 13,35 Km, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,5 m e larghezza di circa 1 m.

Il nuovo stallo utente è collocato a nord della SE E-Distribuzione esistente di Busalla; esso riceve i due rami di cavidotto interrato MT provenienti dal parco eolico e mediante trasformatore MT/AT eleva la tensione in AT consentendo poi, mediante cavidotto AT, il collegamento alla Stazione elettrica E-Distribuzione esistente e quindi l'immissione nella Rete Elettrica Nazionale.

Le terre e rocce derivanti dagli scavi verranno completamente riutilizzate in loco per l'esecuzione dei riporti previsti dal progetto e che riguardano la realizzazione delle piazzole delle torri eoliche, il rinterro delle fondazioni e l'adeguamento della strada di accesso.

In ottemperanza di quanto previsto dal D. Lgs. 3 aprile 2006, n° 152, "Norme in materia ambientale, corretto ed integrato dal D. Lgs. 16 gennaio 2008, n° 4 e della Delibera Regionale del 18 luglio 2008, n° 859 "Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", sarà cura della società committente predisporre la documentazione richiesta per il riutilizzo dei materiali di risulta in sito, prima dell'inizio dei lavori.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO

3.1 – Geologia

La serie stratigrafica che caratterizza il settore geografico oggetto di studio presenta un substrato Oligocenico costituito dalla Formazione di Molare.

Questa è formata da un conglomerato poligenico costituito da elementi per lo più arrotondati od a spigoli smussati di diametro molto vario ma non superiore a 10 cm anche se, talora, compaiono livelli con elementi di diametro superiore al metro.

Sono presenti arenarie grossolane e sabbie grigiastre, grigio – brune o rossiccie spesso a matrice marnosa, frequenti soprattutto nella parte superiore della formazione e, localmente si intercalano nella parte inferiore calcari dolomitici di scogliera.

Le Marne sabbiose grigio – verdastre formano giunti sottili intercalati non di frequente ai banchi conglomeratici ed arenacei.

I conglomerati o non sono stratificati o costituiscono banchi massicci quasi sempre lenticolari, talvolta gradati.

La Formazione di Molare ha una potenza variabile in relazione alle irregolarità del substrato ed è stratigraficamente sottostante alla Formazione di Ronchetta con la quale è in parziale eteropia.

Il cavidotto interrato, oltre alla Formazione di Molare, attraverserà le Argilliti di Montanesi, rappresentate da argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, con intercalazioni di arenarie siltose fini.

I sopraluoghi effettuati hanno permesso di osservare che il substrato roccioso così definito risulta ricoperto da una coltre di natura detritico-colluviale di spessore massimo di circa due metri, classificabile geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

Relativamente alla nuova sottostazione, questa verrà realizzata su un deposito alluvionale terrazzato la cui potenza è stimata pari a 4 metri.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

3.2 – Geomorfologia

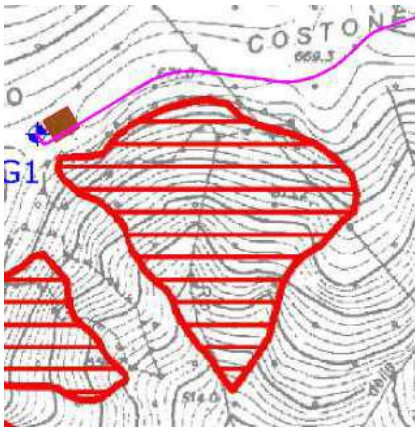
L'area di intervento è individuata, sulla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 sul foglio Isola del Cantone (195160). Più precisamente il sito in oggetto si trova lungo una linea di crinale denominato Costone della Popein.

Le zone nei pressi dei rilievi appaiono sub pianeggianti, mentre i versanti sono caratterizzati da notevoli pendenze. Il versante verso sud è caratterizzato da una acclività media del 35%, mentre quello nord presenta una acclività del 40n %. Il settore non appare urbanizzato.

Le acque superficiali vengono regimate dai numerosi impluvi naturali, che trovano origine lungo i pendii.

La notevole pendenza dei versanti, unitamente alla presenza di numerosi rii naturali ha permesso di modellare i versanti, dando origine ad una morfologia marcata da erosioni torrentizie ad andamento all'incirca rettilineo ed a breve sviluppo lineare. Le pendenze delle varie aste torrentizie risultano molto acclivi con scarso deflusso a carattere stagionale.

Come indicato nella cartografia tematica allegata al Vbp della Provincia di Genova, a sud rispetto alla torre eolica AG1 ed al tratto di cavidotto di collegamento alla rete, si colloca una frana attiva che interessa il versante sud del Costone della Popein. Di seguito si può osservare uno stralcio della citata cartografia:



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Chiaramente la delimitazione indicata nella mappa 1:10000 risulta approssimativa e poco precisa per definire la reale distanza tra il bordo della nicchia di distacco e le opere a progetto. Per questo motivo si è deciso di svolgere un rilievo di dettaglio dell'area interessata dalla frana: in allegato al progetto la carta 1:5000 derivante da tale rilievo (Tav. 2.25).

Parallelamente al rilievo topografico si è svolto un rilievo geomorfologico in modo da analizzare nel dettaglio il dissesto, definirne le cause e soprattutto valutarne le eventuali possibili interferenze con le opere a progetto.

La parte superiore del corpo di frana è rappresentato da un ampio affioramento di conglomerati di lunghezza lineare pari a circa 320 metri

Il conglomerato, appartenente alla Formazione di Molare, appare eterometrico, mal classato, clastosotenuto, con prevalente matrice arenaceo - pelitica: il cemento è calcitico.

Lo scheletro appare essenzialmente formato da clasti subarrotondati di dimensioni da millimetriche a pluridecimetriche derivanti da rocce di origine metamorfica. Si riporta un dettaglio della roccia affiorante:



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Si tratta di una frana di crollo che interessa i conglomerati poligenici che caratterizzano il substrato di tutta l'area.
Nelle seguenti fotografie si può osservare il fronte della frana e la zona di accumulo dei detriti.



Lato est del fronte della frana

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com





Lato ovest del fronte della frana

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com



Dettaglio della forte pendenza del versante



Accumulo di detriti inidividuato al piede

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Il motore del fenomeno franoso è legato all'azione di erosione degli agenti metereologici sul cemento dei conglomerati, unitamente alla forte acclività che contraddistingue il versante (in certi casi oltre il 40%).

Le osservazioni svolte permettono di descrivere il fenomeno come un movimento franoso di crollo superficiale. Lo stato di "attività" della frana è legato principalmente alla continua azione di erosione degli elementi atmosferici che portano alla disgregazione del cemento dei conglomerati ed al successivo rotolamento dei clasti verso valle.

Una perimetrazione accurata della frana, un indagine geomorfologica di dettaglio, unitamente al monitoraggio svolto negli ultimi anni hanno permesso di individuare i seguenti aspetti che escludono possibili interferenze con le opere a progetto:

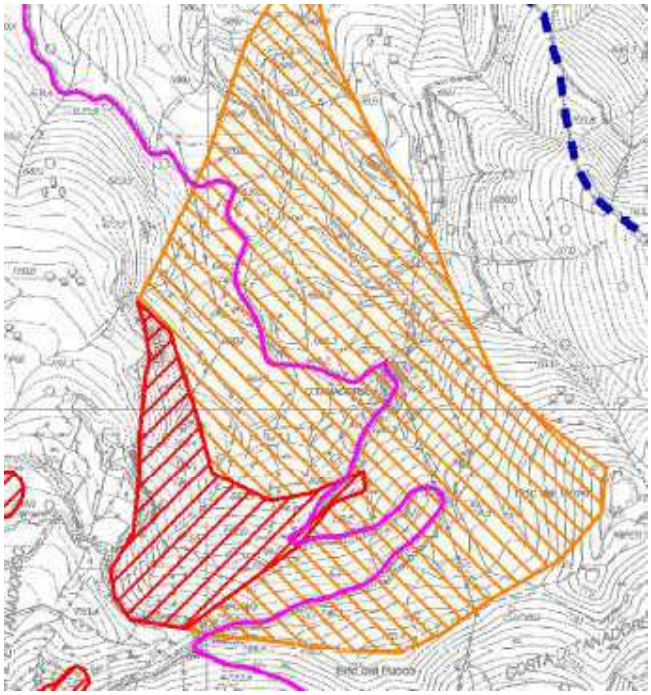
1. Come si può osservare dal rilievo svolto la distanza planimetrica che separa la torre eolica Ag01 e l'attuale nicchia di distacco risulta essere elevata (pari a circa 52 metri); inoltre la torre eolica risulta collocata sul versante nord - ovest del Costone della Popein, mentre la frana interessa il versante sud - est.: risulta evidente come l'aerogeneratore non possa essere interessato dal fenomeno franoso superficiale oggetto di studio.
2. Il cavidotto del parco eolico dista planimetricamente circa 44 metri dall'attuale nicchia di distacco più vicina. L'opera rappresenta uno scavo a sezione obbligata di profondità estremamente ridotta (circa 1.25 metri) da svolgersi in roccia (lungo il selciato del sentiero si individuano numerosi affioramenti di conglomerati). Dal rilievo svolto si è ricostruita una sezione in scala 1:200, riportata in allegato (Tav. 2.37), in modo da evidenziate in maniera dettagliata la posizione del futuro cavidotto e della frana Anche in questo caso le distanze in gioco, unitamente alla tipologia di opera fanno escludere una possibile interferenza con la frana.
3. Relativamente agli eventuali fenomeni di arretramento della frana, lo scrivente ha svolto sin dal 2010 numerosi sopraluoghi, necessari prima per

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

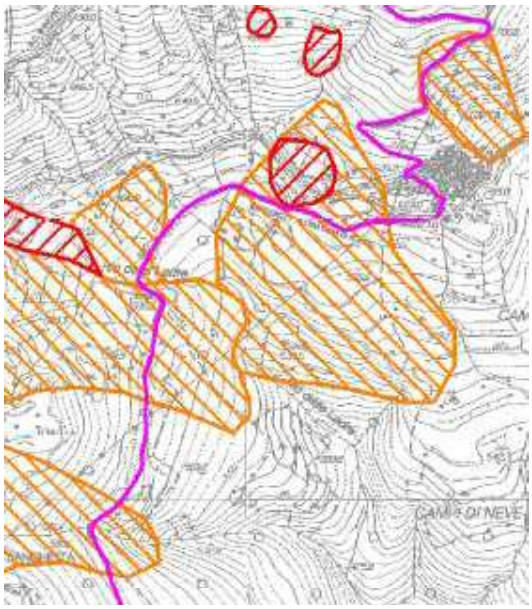
lo studio di fattibilità del parco eolico, poi alla redazione di una primo progetto, quindi alla rivisitazione dello stesso ed alla redazione del progetto definitivo. Il monitoraggio del corpo di frana non ha evidenziato in 5 anni significativi fenomeni di arretramento: il sentiero che si sviluppa lungo il crinale non ha mai presentato segnali di dissesto quali fessurazioni o fratture degli affioramenti. Tali osservazioni svolte in un lasso di tempo significativo fanno escludere un tale arretramento nel tempo del dissesto che possa interessare le opere a progetto.

Si sottolinea infine che la realizzazione dell'opera porterebbe a un presidio sul territorio quasi continuo da parte del personale della società proponente, che spesso salirebbe all'impianto per i controlli di routine: questo garantirebbe un monitoraggio dell'evoluzione nel tempo del dissesto.

Come indicato nella cartografia allegata al progetto (Tav. 2.47), il cavidotto, realizzato sempre su tracciati esistenti (strade comunali o provinciali), attraversa zone in frana quiescente e ne lambisce altre classificate in frana attiva.



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com



Gli studi bibliografici, unitamente ai sopraluoghi svolti in situ hanno permesso di classificare i fenomeni quali frane di tipo complesso che interessano sia settori in coltre sia porzioni di substrato affiorante.

Si è potuto accertare che lo stato dei fenomeni è attivo, osservando franamenti subsuperficiali che localmente e periodicamente interessano questo settore. Il riattivarsi dei movimenti franosi è principalmente legato ad eventi metereologici particolarmente intensi quali piogge intense e persistenti, che portano ad un peggioramento delle caratteristiche geotecniche sia dei terreni non coerenti che del substrato.

Come per il caso discusso nel punto precedente, si ritiene che data la natura dell'opera e soprattutto del ridotto scavo che questa comporta (scavo a sezione obbligata di larghezza 0.5 metri e profondità 1.25 metri) non si andrà ad aggravare lo stato attuale del comparto sia per quanto riguarda le zone in frana attiva che per quelle in frana stabilizzata.

Ciò nonostante si definiscono le seguenti norme di attuazione per la realizzazione del cavidotto nei pressi delle aree in frana attiva:

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

1. la posizione del tratto di cavidotto verrà realizzato collocando lo scavo sul bordo di monte della strada: collocandolo quindi in un settore più sicuro rispetto al ciglio di valle della strada;
2. per ridurre i movimenti di terra e nello stesso tempo consolidare l'area interessata dallo scavo, verrà realizzato un "bauletto" in cemento armato che ospiterà il cavo: questa tipologia di intervento permette di ridurre la profondità dello scavo a 0.5 metri.

3.3 – Idrogeologia

Come detto l'area è caratterizzata dalla presenza di numerosi Rii, le cui sorgenti si individuano lungo i versanti del crinale oggetto di studio.

Lungo il versante nord la regimazione delle acque superficiali è regolata da numerosi impluvi, che vengono convogliate verso il Rio Popein ed il Rio delle Nane. Mentre lungo il versante sud, le acque, vengono convogliate verso il Rio S. Rocco emissario in sponda destra del Torrente Scrivia.

Per quanto riguarda i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo va detto che questi sono essenzialmente legati alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa.

Nell'area in esame si ipotizza l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra la coltre detritica (costituita da depositi detritico-colluviali perlopiù grossolani) ed il substrato roccioso. Infatti, mentre la coltre è da considerarsi sostanzialmente permeabile per porosità, i conglomerati sono pressoché impermeabili o moderatamente permeabili per porosità fessurazione, in relazione al grado di fratturazione della roccia.
Dall'osservazione della Carta Idrogeologica allegata al P.R.G. del Comune di Isola del Cantone si è potuto verificare che i Conglomerati vengono classificati con un grado di permeabilità alto, mentre le coltri presentano un grado di permeabilità da medio a basso.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

4 – RILEVAMENTO GEOLOGICO

Si è svolto un rilevamento geologico focalizzando l'attenzione alle aree in cui si realizzeranno gli aerogeneratori in modo da identificare e cartografare gli affioramenti rocciosi presenti.

In tutte le aree in cui sorgeranno le torri eoliche si è individuata la presenza di affioramenti rocciosi più o meno estesi a supporto dei risultati delle prove sismiche svolte in precedenza, che collocavano il substrato roccioso alla profondità massima di 1.6 m (torri eoliche Ag2).

Di seguito si indica una scheda che per ogni sito riporta la documentazione fotografica e le caratteristiche degli affioramenti rinvenuti.

Torre Ag1



Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag1.

Denominazione affioramento	A.1.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 150 m Altezza: 25 m

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro anche superiore ai 10 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico.
Stato di conservazione	Il cemento dei conglomerati appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici. Tale condizione comporta il distacco e rotolamento a valle dei clasti e della matrice.
Denominazione affioramento	A.1.2
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 15 m Altezza: 1 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro anche superiore ai 10 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico.
Stato di conservazione	Il cemento dei conglomerati appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici.

Denominazione affioramento	A.1.3
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 15 m Altezza: 1 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro anche superiore ai 10 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico.
Stato di conservazione	Il cemento dei conglomerati appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Torre Ag2



Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag2.

Denominazione affioramento	A.2.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 2 m Altezza: 0.5 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro mai superiore al centimetro. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Torre Ag3



Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag4.

Denominazione affioramento	A.4.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 10 m Altezza: 0.2 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro mai superiore ai 5 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Torre Ag4



Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag5.

Denominazione affioramento	A.5.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 12 m Altezza: 2 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro mai superiore ai 10 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico. Gli strati di conglomerati appaiono alternati a strati di arenarie grossolane.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Denominazione affioramento	A.5.2
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 8 m Altezza: 1 m
Litologia	Conglomerato poligenico costituito da elementi di diametro mai superiore ai 10 cm. La matrice appare sabbiosa e il cemento è calcitico. Gli strati di conglomerati appaiono alternati a strati di arenarie grossolane.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

5 - PROVE IN SITO

Tenendo conto delle conoscenze geologiche in possesso dello scrivente e della bibliografia esistente riferita all'area esaminata è stato ritenuto sufficiente effettuare quattro stese di sismica: una per ogni torre eolica.

Lo scopo delle prove era quello di definire la stratigrafia dell'area interessata dall'intervento e il V_{s30} così come previsto dalla normativa vigente.

5.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte

Sono state realizzate quattro stese di sismica utilizzando il Tromino, tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, ma utilizzabile anche per la realizzazione di stese di sismica attiva.

Lo strumento (10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V.

Le indagini svolte hanno permesso di realizzare analisi del terreno tipo MASW e tipo H/V.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

I dati misurati dal Tromino, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 512 Hz per la MASW, mentre a 128 Hz per la H/V.
Le prove MASW hanno previsto l'esecuzione di stese di lunghezza pari a 30 metri e lo svolgimento di 10 tiri, con spaziatura di 3 m in modo da ottenere la migliore copertura possibile dell'area in oggetto.

La scelta del sito:

L'ubicazione delle prove è stata stabilita in base alle esigenze progettuali e ai limiti imposti dalle caratteristiche del sito in oggetto.
In particolare le stese sono state svolte in modo tale che passassero attraverso il centro della fondazione di ogni aerogeneratore, in modo da definire la stratigrafia del versante e che si potessero dimensionare le opere previste dall'intervento a progetto.
La lunghezza delle stese e quindi la profondità di investigazione è stata scelta in base alle osservazioni dirette, che hanno permesso raggiungere la roccia sana, in modo da caratterizzare coltre e substrato.

I risultati:

L'elaborazione dei dati acquisiti dalle prove hanno permesso di ricavare la stratigrafia, lo spessore degli strati individuati e la velocità delle onde S, attraverso ogni singolo strato del terreno. Il dettaglio dei risultati viene riportato in allegato.
Considerando che generalmente la prova di tipo MASW fornisce buoni risultati per i primi strati di terreno, mentre la prova H/V è più precisa per profondità maggiori, l'utilizzo delle due tecniche ha permesso di caratterizzare in maniera adeguata i terreni su cui andranno a poggiarsi i nuovi manufatti.
Ecco una sintesi dei risultati ottenuti:

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

- **Torre 1 (Ag1)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	0.65 m	115 m/s
Cappellaccio	3 m	130 m/s
Substrato		600 m/s

V_{s30} del sito: 408 m/s

- **Torre 2 (Ag2)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.6 m	130 m/s
Cappellaccio	6 m	310 m/s
Substrato		600 m/s

V_{s30} del sito: 419 m/s

- **Torre 3 (Ag3)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	0.8 m	120 m/s
Cappellaccio	5 m	300 m/s
Substrato		600 m/s

V_{s30} del sito: 393 m/s

- **Torre 4 (Ag4)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.4 m	160 m/s
Cappellaccio	6.6 m	360 m/s
Substrato		600 m/s

V_{s30} del sito: 363 m/s

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

6 - NOTE GEOTECNICHE

Le considerazioni riportate nel presente paragrafo riguardano l'area dell'intervento a progetto. Lo studio è stato svolto al fine di evidenziare i principali parametri geotecnici del substrato roccioso e della coltre, facendo riferimento a dati di letteratura relativi a litotipi della medesima natura, integrati da precedenti studi svolti dallo scrivente in aree limitrofe. Le sezioni geologiche allegate sono ovviamente interpretative e si basano su supposizioni che derivano dallo studio della cartografia tecnica e dalle osservazioni effettuate direttamente in sito.

6.1 - Coltre

Si tratta di un deposito di natura eluvio-colluviale parzialmente rimaneggiato, soprattutto nella parte più superficiale, caratterizzato da una potenza mai superiore a 2,2 m. Le osservazioni effettuate in sito hanno indicato un terreno prevalentemente ghiaioso, con bassa percentuale di frazione fine di tipo limoso.

6.2 – Substrato roccioso

Si tratta, come descritto in precedenza, dai conglomerati della Formazione di Molare.

Per quanto concerne le caratteristiche geomeccaniche del substrato litoide, si è fatto riferimento ai dati relativi a tale litotipo esistenti in bibliografia e specialmente alle conoscenze acquisite in aree contigue o mostranti caratteri simili.

6.3 – Dati geotecnici di sintesi

Basandosi pertanto su esperienze precedenti e su dati di letteratura (per coltre e substrato), ai vari livelli individuati sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

6.3.1 - Coltre

Granulometria: sabbia ghiaiosa con scarsa frazione fine non coesiva (classe SW del sistema USCS)

Stato di addensamento: sciolto

Densità relativa (Dr): 45%

Peso di volume (γ): 1,6 t/m^3

Angolo di attrito efficace (ϕ'): 30°

Coesione: 0 Kg/cm^2

6.3.2 – Cappellaccio di alterazione

Peso di volume (γ): 2,2 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 39°

Coesione: 0,8 Kg/cm^2

6.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati)

Peso di volume (γ): 2,5 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 40°

Coesione: 0,8 Kg/cm^2

6.3.4 – Substrato roccioso (argilliti)

Peso di volume (γ): 2,2 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 38°

Coesione: 0,5 Kg/cm^2

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

7 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

7.1 – Classificazione sismica regionale

Basandosi sul D. M. 16 Gennaio 1996 " Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", in particolare all' Ord. P. C. M. del 20 Marzo 2003 n° 3274, allegato 2 e successive modifiche ed integrazioni e sulla "Nuova classificazione sismica della Regione Liguria", si è proceduto alla classificazione del suolo di fondazione sul quale poggeranno i nuovi manufatti. L'area in cui verranno realizzate le opere è classificata in base alla nuova classificazione sismica regionale in **zona 3**.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Categoria	Descrizione	V_s eq
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	>800 m/s
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti	360 - 800 m/s
C	**Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate o terreni a grana fina di media consistenza**	**180 - 360 m/s**
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti	100 - 180 m/s
E	Terreni riconducibili alle categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	< 360 m/s

Nonostante la presenza di roccia affiorante le analisi sismiche effettuate hanno permesso di classificare il terreno di fondazione su cui poggeranno i nuovi manufatti in **categoria C**.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

8 – STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Impiegando i dati geotecnici stimati, indicati nel capitolo precedente, è stata eseguita un'analisi di stabilità per i principali fronti di scavo secondo una sezione trasversale significativa e secondo la linea di massima pendenza. Tale analisi, svolta utilizzando un software specifico e secondo il metodo di Bishop è stata eseguita basandosi sulla stratigrafia individuata e su una superficie di scorrimento ritenuta la più probabile in relazione alla morfologia del versante ed alle osservazioni effettuate in sito.

Le analisi sono state svolte per i fronti degli scavi che riguarderanno la posa in opera delle fondazioni di ogni torre. Il calcolo ha fornito un risultato con coefficienti di sicurezza a favore della stabilità.

9 - INDICAZIONI OPERATIVE

Il progetto prevede, come già accennato, scavi di sbancamento pari a circa 48000 m^3 da eseguire in parte in roccia ed in parte in coltre. Gli scavi previsti hanno come fine la preparazione del sedime per la posa in opera delle fondazioni, l'allargamento di alcune parti della strada esistente, la realizzazione della strada di servizio.

L'altezza massima a progetto dei fronti di scavo risulta pari a circa 6 m.

Il tutto si ritiene rientri nelle normali procedure esecutive dell'edilizia e per la sicurezza del lavoro, sia in merito agli scavi di preparazione dell'area, sia in merito alla scelta e all'esecuzione delle fondazioni del nuovo manufatto.

Viste le principali caratteristiche geologico-geotecniche individuate nell'area sottoposta ad indagine si indicano le seguenti modalità operative per la realizzazione dell'opera.

9.1 – Scavi

1. Gli scavi per l'allargamento della strada e per il cavidotto, qualora venissero effettuati nei pressi di strutture esistenti, andranno effettuati

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

avendo cura di non influenzare negativamente la staticità degli eventuali manufatti.

2. I fronti di scavo non protetti da opere provvisionali, non dovranno mai rimanere aperti a lungo, dovranno essere eseguiti per campioni di lunghezza non eccessiva e sagomati secondo angoli compatibili con le caratteristiche di resistenza indicate nei precedenti capitoli.
3. E' consigliabile non aprire campioni di fronte troppo lunghi ed è bene fare in modo che siano comunque proporzionati alle risorse della squadra operativa e dell'impresa.
4. Tutte le opere di sostegno dovranno essere dotate di efficienti sistemi di drenaggio.
5. Tutta l'area dovrà essere sottoposta a una efficiente regimazione per garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche e di falda.

9.2 – Riempimenti

Gli eventuali riempimenti previsti dovranno essere eseguiti con terreno appartenente almeno alla classe ***A3 della classificazione AASHO*** e dovranno essere realizzati per strati non superiori a ***50 cm*** di spessore e adeguatamente compattati previa bagnatura. Il materiale impiegato deve essere assolutamente inerte e privo quindi di materiale terroso, torboso e coesivo.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

10 – ASPETTI AMMINISTRATIVI

10.1 – Vincolo idrogeologico

Dal punto di vista amministrativo la zona risulta soggetta a vincolo idrogeologico e pertanto alla L.R. 4/99. Si può tuttavia affermare, in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo (regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali) che l'intervento proposto risulta sostanzialmente ininfluente.

10.2 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (VBP)

Aerogeneratori

Dall'osservazione della carta dei dissesti del VBP, si è potuto verificare che la zona oggetto di intervento non è interessata da alcuna area in dissesto. Si riporta in allegato uno stralcio delle delimitazioni delle aree in dissesto del VBP.

Cavidotto

Come già indicato alcuni tratti del cavidotto transitano per aree caratterizzate da frane di tipo quiescente e lambiscono altre zone in frana attiva.

Sottostazione

Dall'osservazione della carta dei dissesti del VBP, si è potuto verificare che la zona oggetto di intervento non è interessata da alcuna area in dissesto.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

11 – CONCLUSIONI

Tenuto conto del contesto geomorfologico in cui si inseriscono i nuovi manufatti, tenuto altresì conto delle caratteristiche geotecniche del terreno sopra citato e delle sostanziali condizioni di stabilità dell'area interessata, si conferma la fattibilità dell'intervento a progetto tenuto debito conto delle prescrizioni sopra elencate.

Si rassegna la presente relazione la quale assolve quanto prescritto dal NTC del 2018, nonché dalla legge regionale n° 4/99.

Il presente documento non comprende valutazioni su possibili conseguenze dannose alle strutture ed ai manufatti circostanti legate ai processi più strettamente operativi che fanno capo all'impresa e al direttore dei lavori eventualmente delegato dal committente.

Genova, Febbraio 2023



Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine:	44,638895
longitudine:	8,907463
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15807	Lat: 44,6447	Lon: 8,8532	Distanza: 4343,375
Sito 2 ID: 15808	Lat: 44,6474	Lon: 8,9233	Distanza: 1567,060
Sito 3 ID: 16030	Lat: 44,5975	Lon: 8,9271	Distanza: 4862,599
Sito 4 ID: 16029	Lat: 44,5948	Lon: 8,8570	Distanza: 6329,552

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,025	g
Fo:	2,484	
Tc*:	0,192	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

Tr:	50	[anni]
ag:	0,033	g
Fo:	2,500	
Tc*:	0,212	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,091	g
Fo:	2,436	
Tc*:	0,274	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,121	g
Fo:	2,450	
Tc*:	0,279	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,810
St:	1,000
Kh:	0,008
Kv:	0,004
Amax:	0,372
Beta:	0,200

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,750
St:	1,000
Kh:	0,010
Kv:	0,005
Amax:	0,486
Beta:	0,200

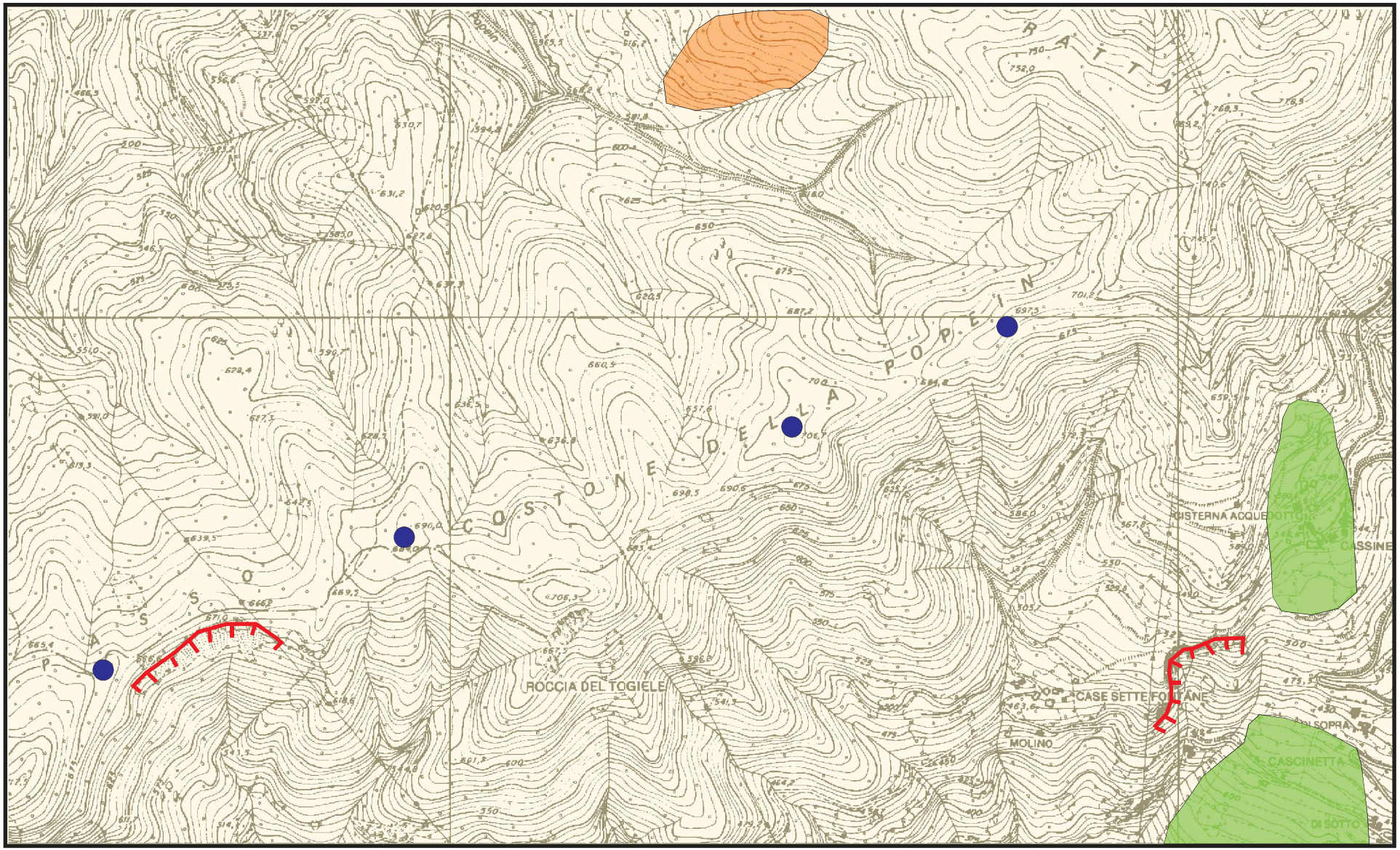
SLV:

Ss:	1,500
Cc:	1,610
St:	1,000
Kh:	0,027
Kv:	0,014
Amax:	1,336
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,044
Kv:	0,022
Amax:	1,780
Beta:	0,240

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com



Conglomerati di Molare affioranti

Coltri di spessore da 2 a 5 metri

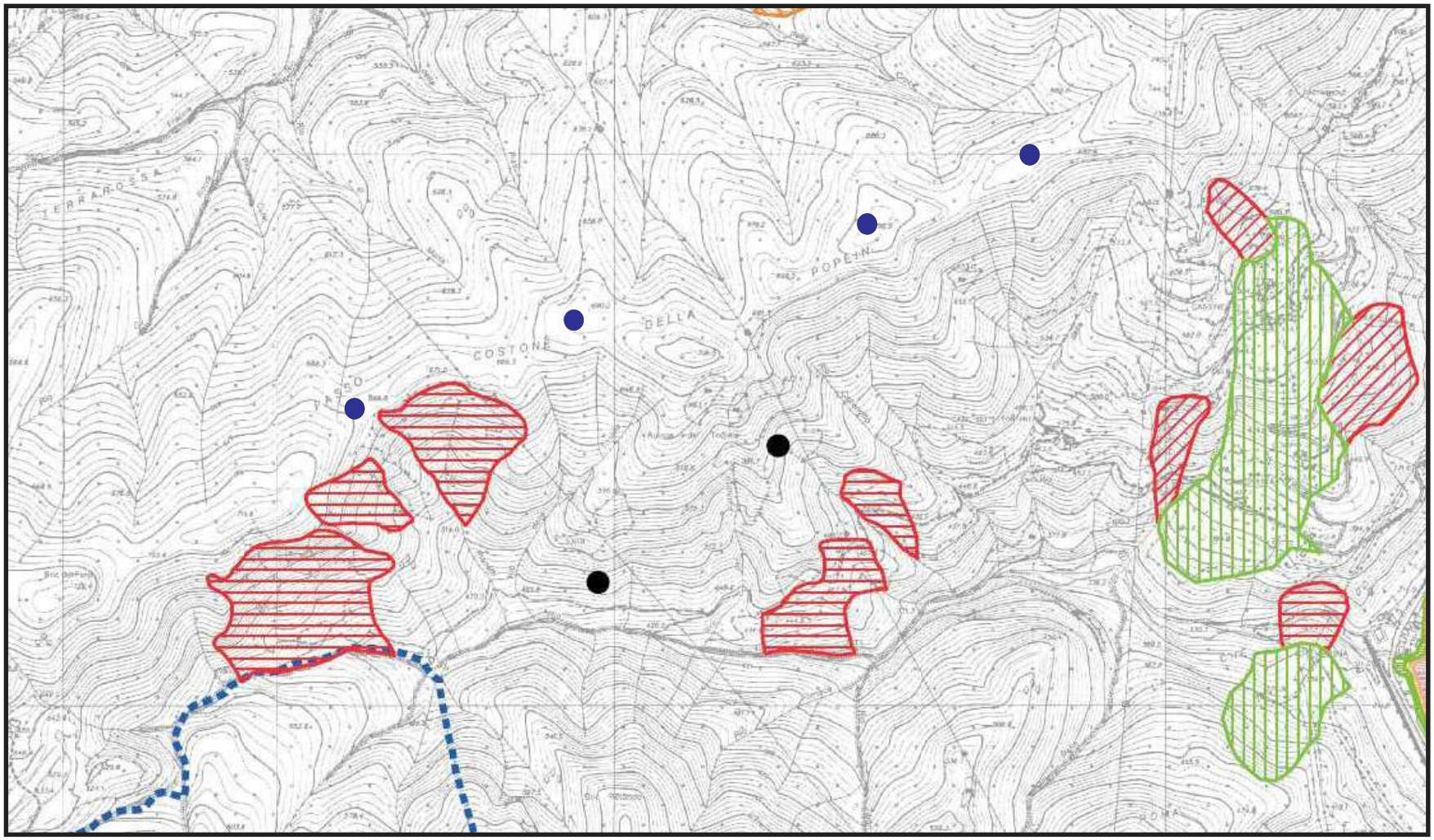
Coltri di spessore sino a 2 metri

Orlo di scarpata

Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

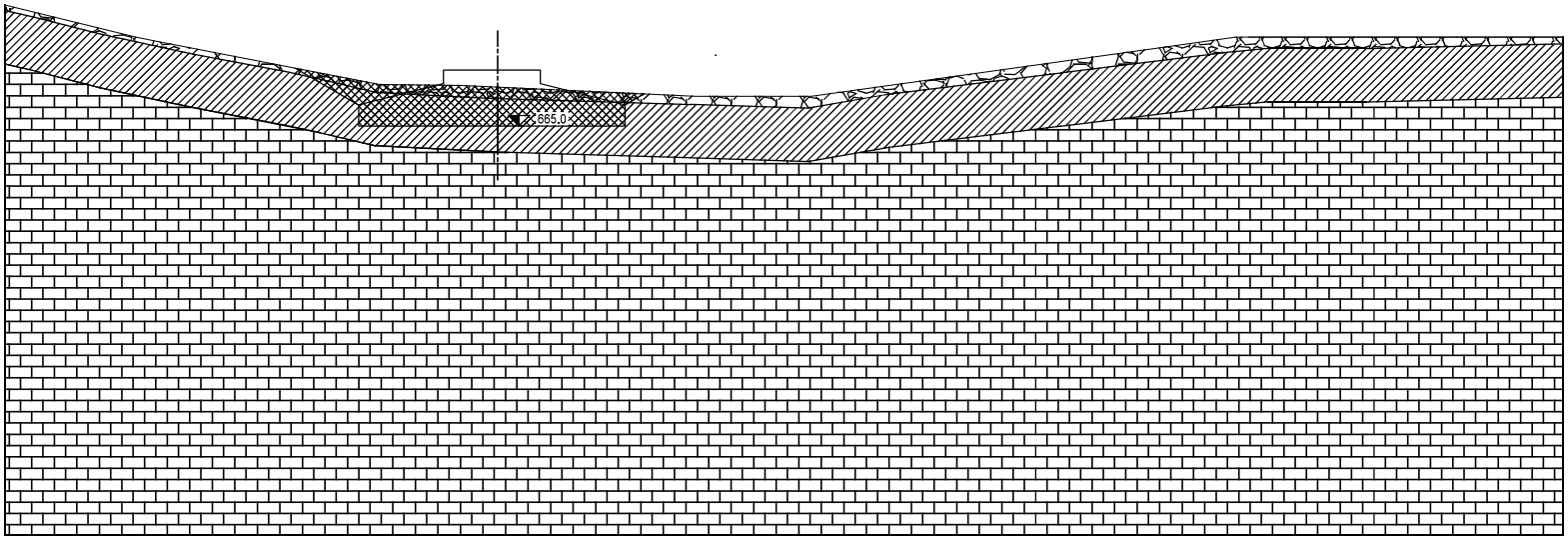
TAVOLA A CARTA GEOLOGICA SCALA 1:5000



● Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Via Cantore 8 int. Q 16149 Ge cell. 349.1720806

STRALCIO DELIMITAZIONE DELLE AREE IN DISSESTO DEL VBP



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

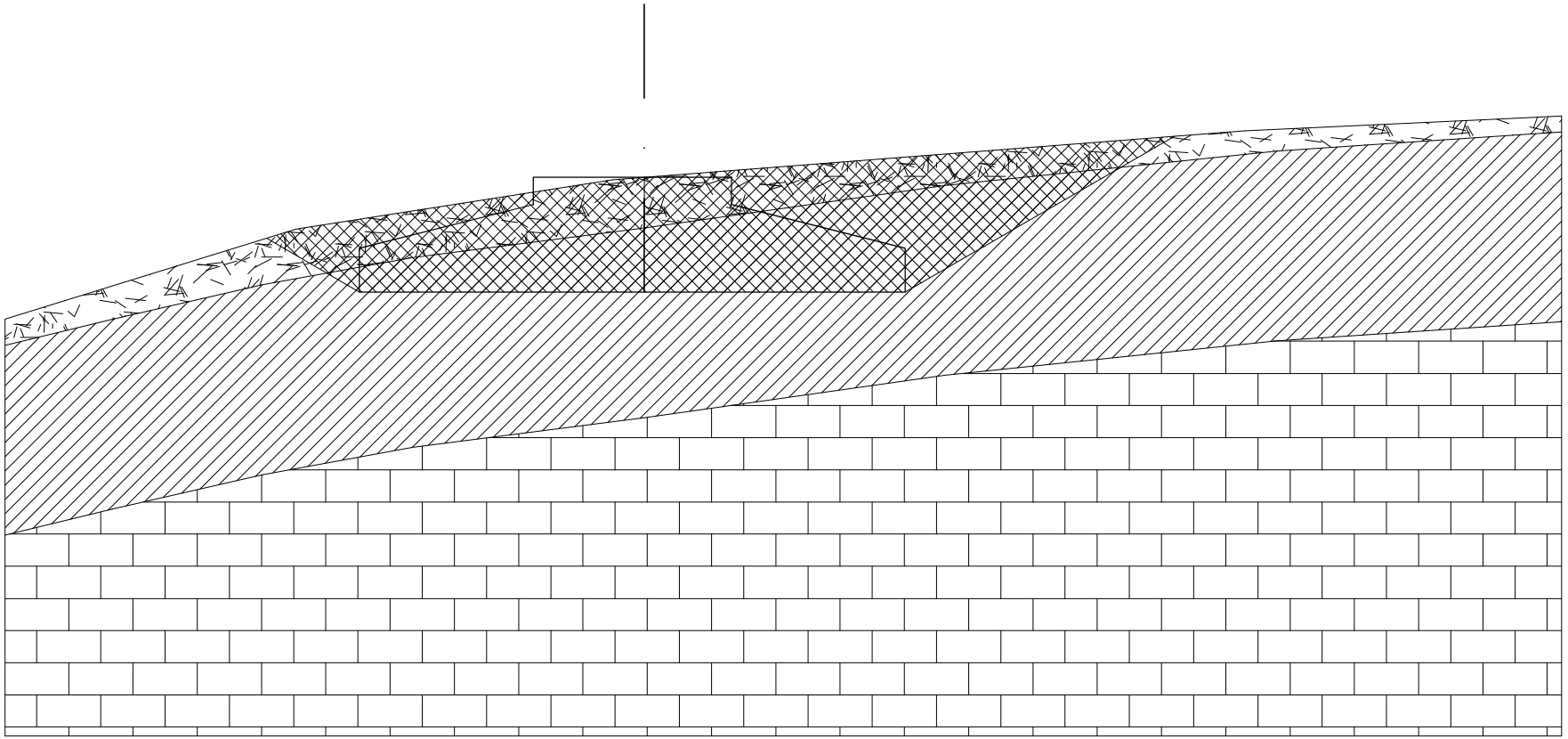
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG1



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

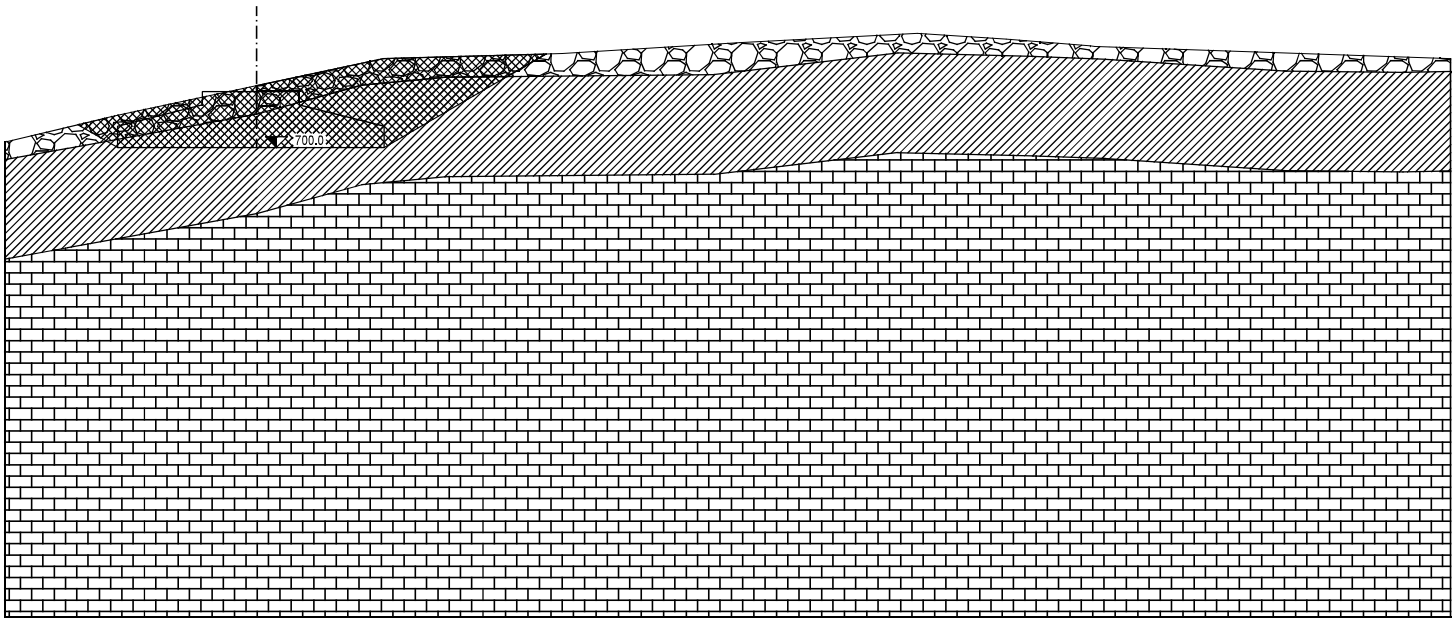
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – tel. 0100019357 cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG2



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

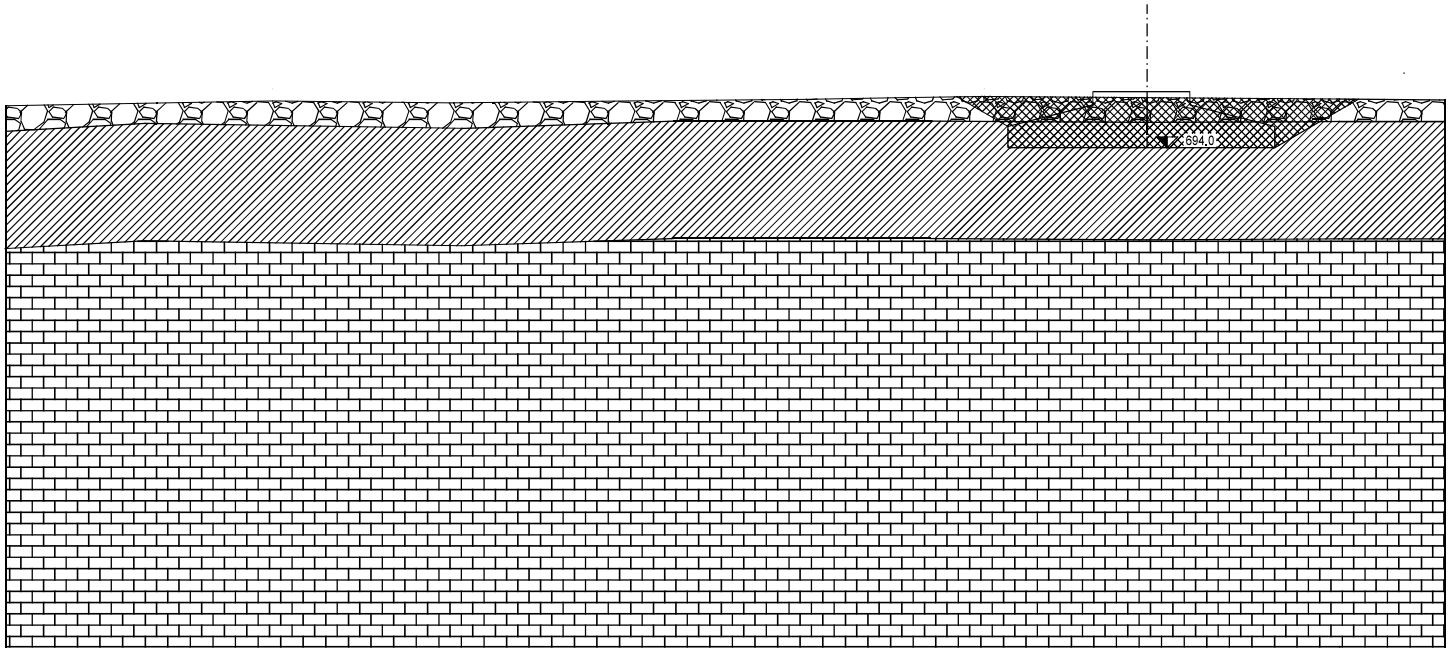
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG3



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

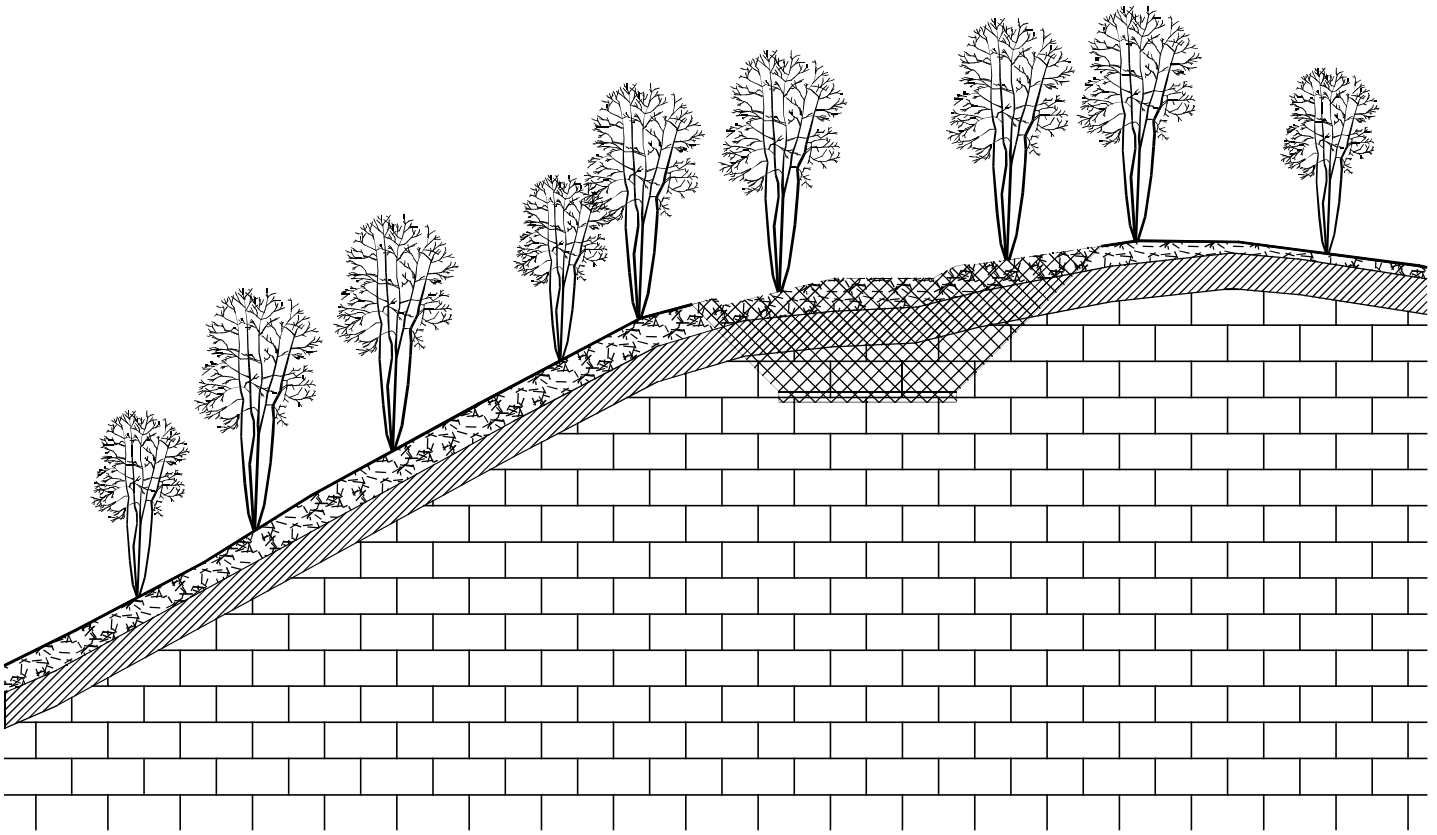
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG4



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

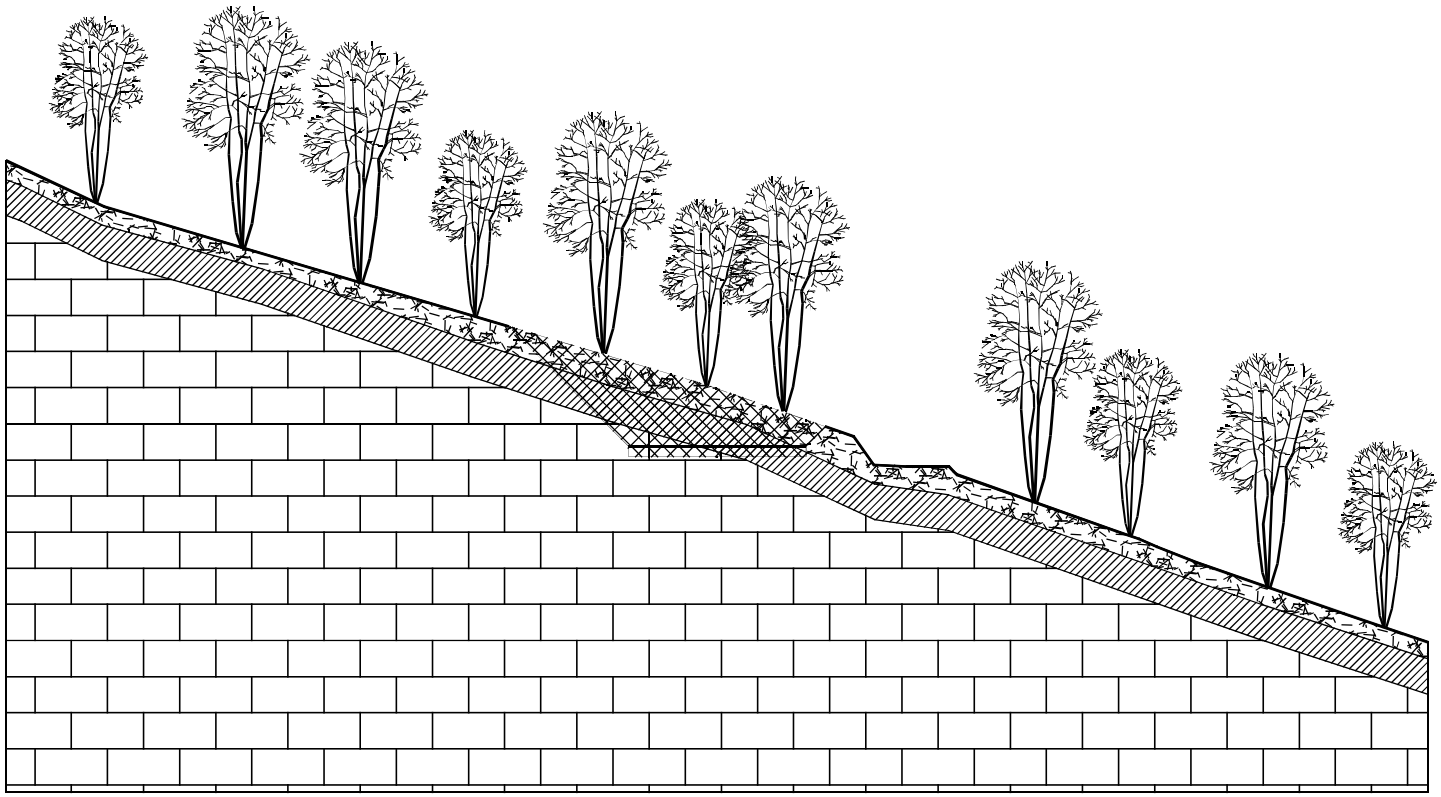
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – tel. 0100019357 cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa sezione stradale 15



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

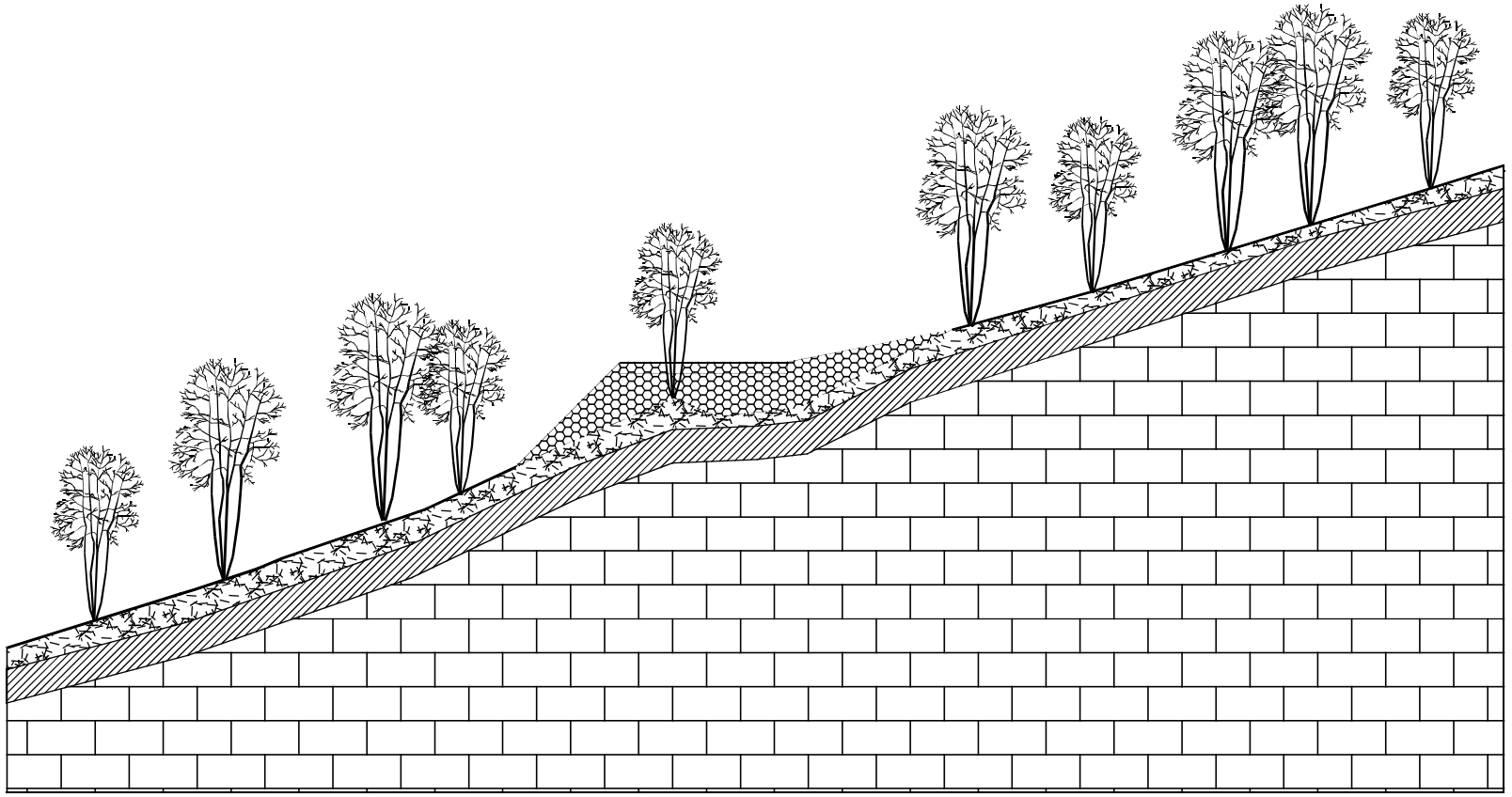
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – tel. 0100019357 cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa sezione stradale 21



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Riporto

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Isola del Cantone

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q 16149 GE – tel. 0100019357 cell. 3491720806

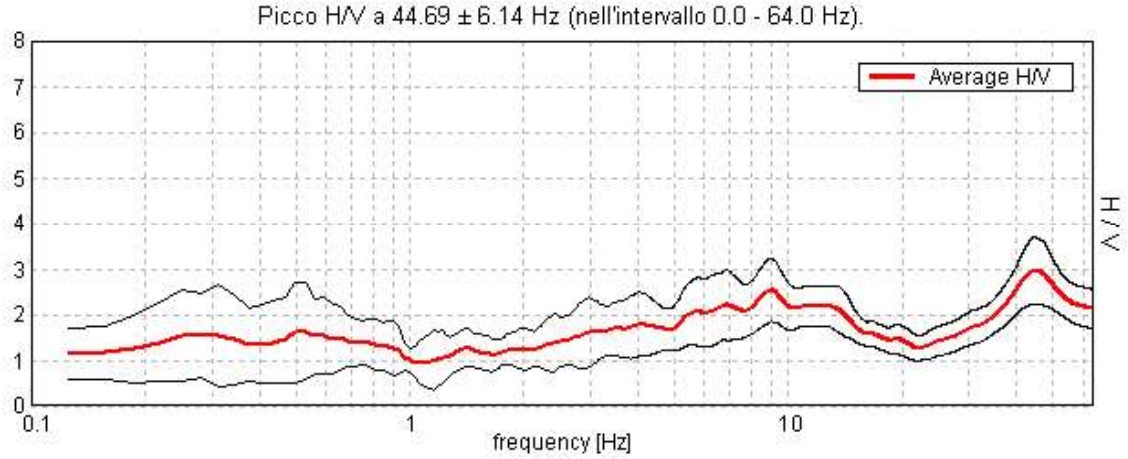
Sezione geologica interpretativa sezione stradale 31

ISOLA, ISOLA DEL CANTONE A1

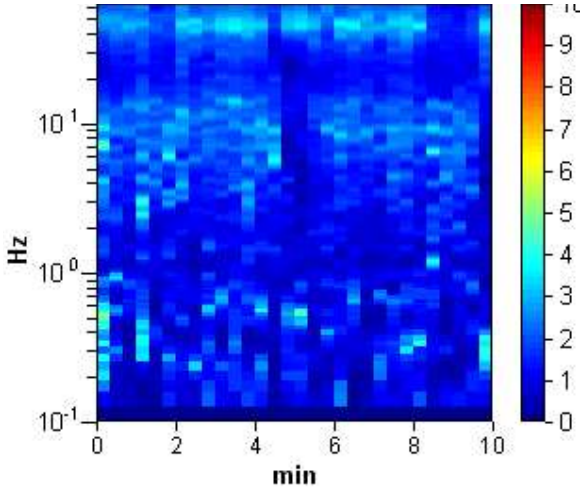
Strumento: TEP-0120/01-10
Inizio registrazione: 10/02/11 13:58:51 Fine registrazione: 10/02/11 14:08:52
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

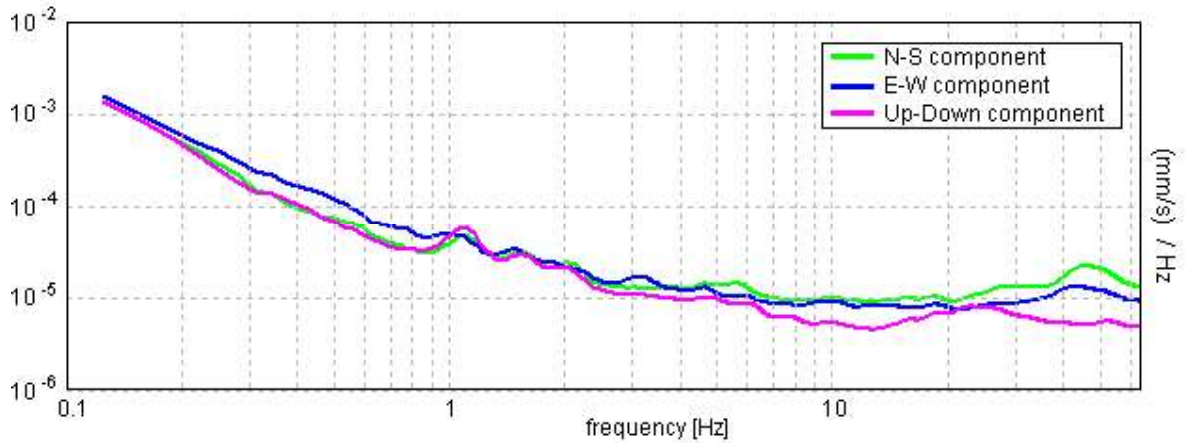
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

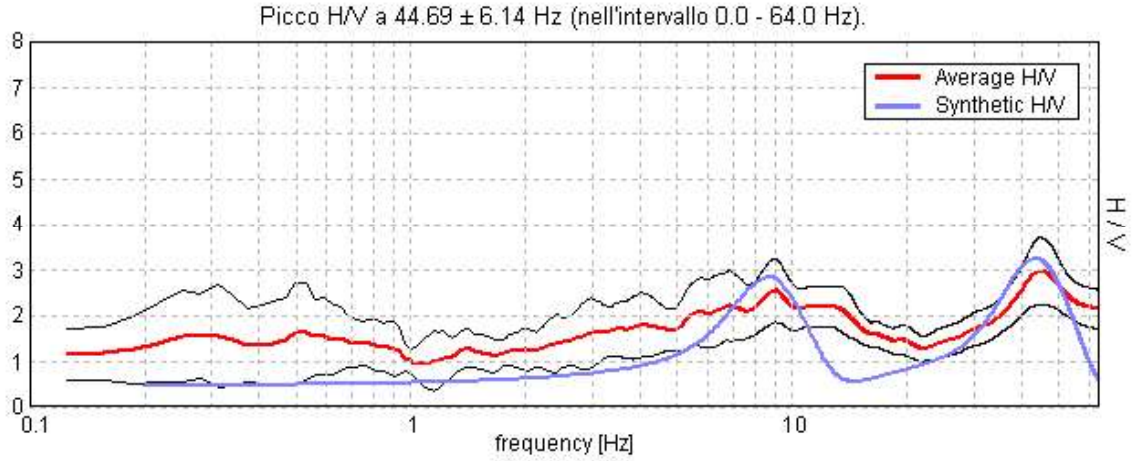


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



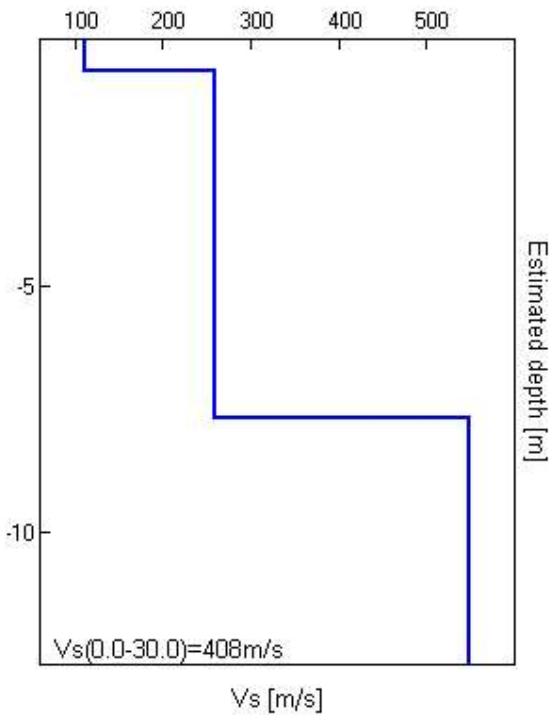
H/

V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	110	0.35
7.65	7.00	260	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=408m/s


100
200
300
400
500
-5
-10
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=408m/s
Vs [m/s]

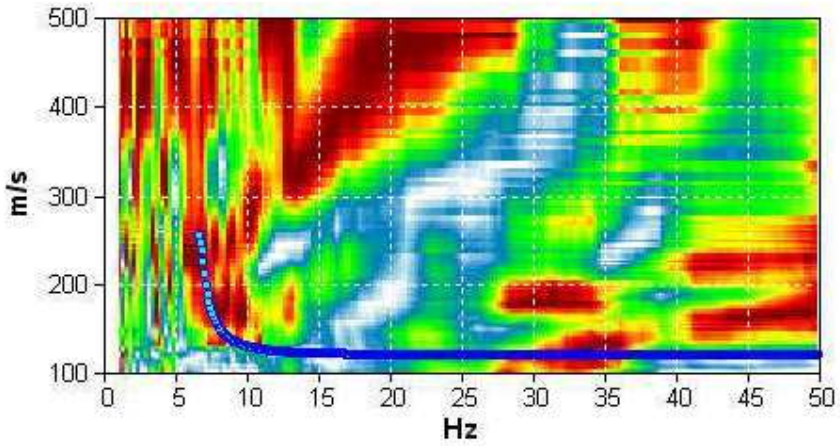
ISOLA, [Z] ISOLA DEL CANTONE A1

Inizio registrazione: 10/02/11 13:52:10 Fine registrazione: 10/02/11 13:57:10
Durata registrazione: 0h04'48".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

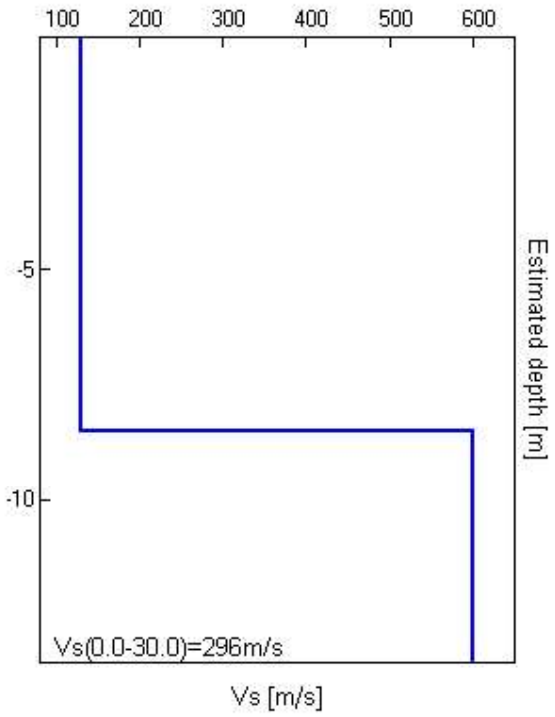
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.50	8.50	130	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=296m/s

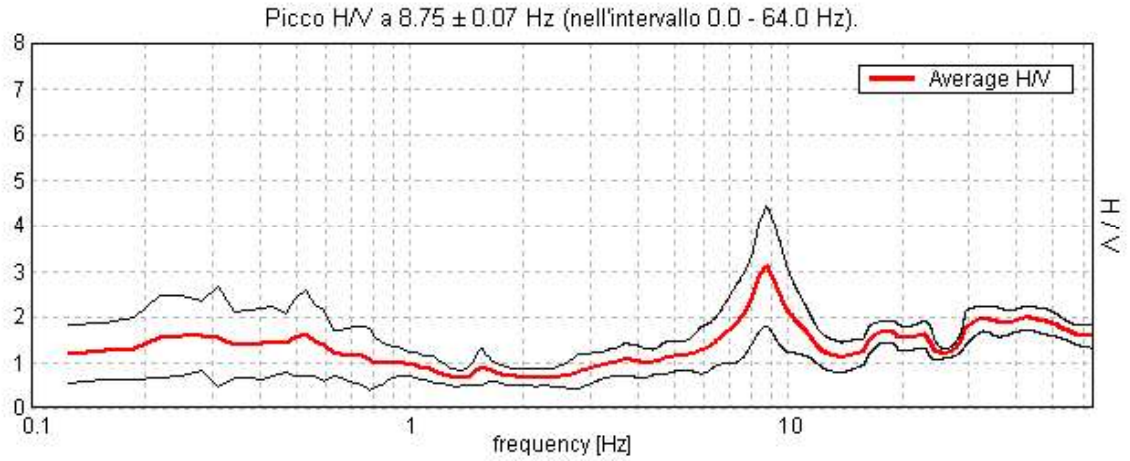

100
200
300
400
500
600
-5
-10
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=296m/s
Vs [m/s]

ISOLA, ISOLA DEL CANTONE A2

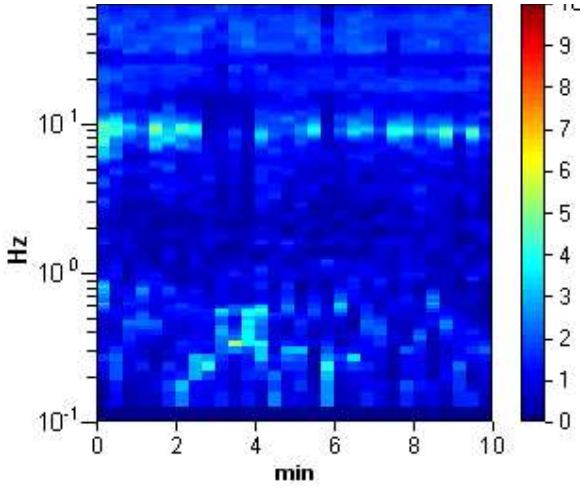
Strumento: TEP-0120/01-10
Inizio registrazione: 10/02/11 13:23:02 Fine registrazione: 10/02/11 13:33:03
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

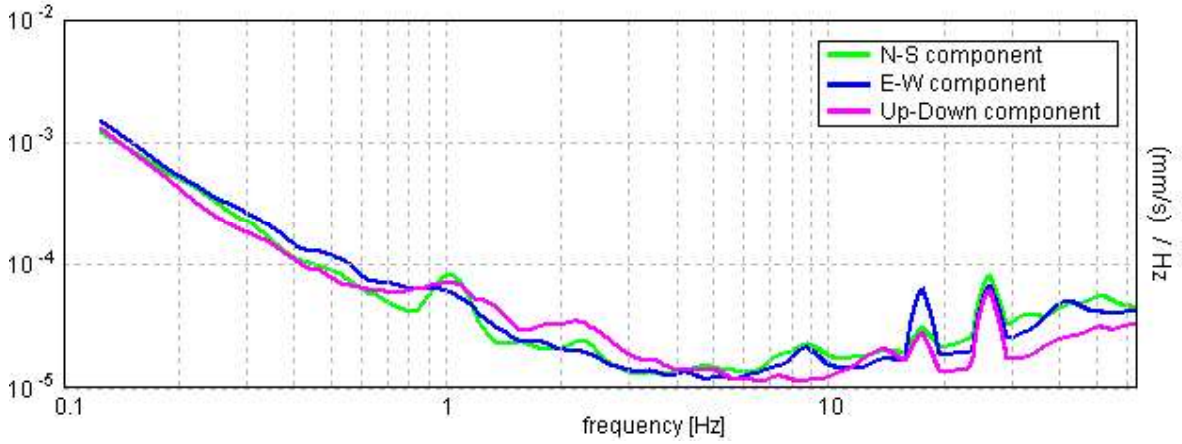
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



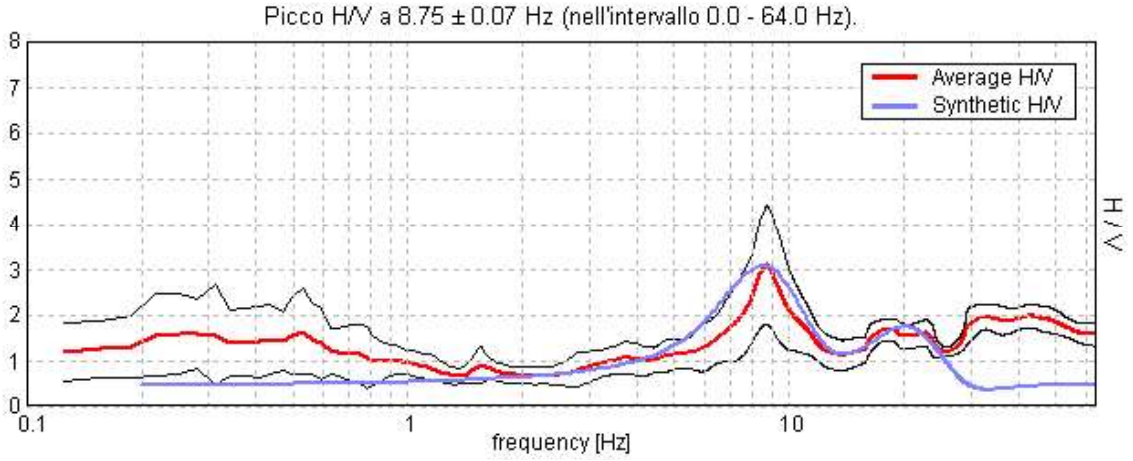
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

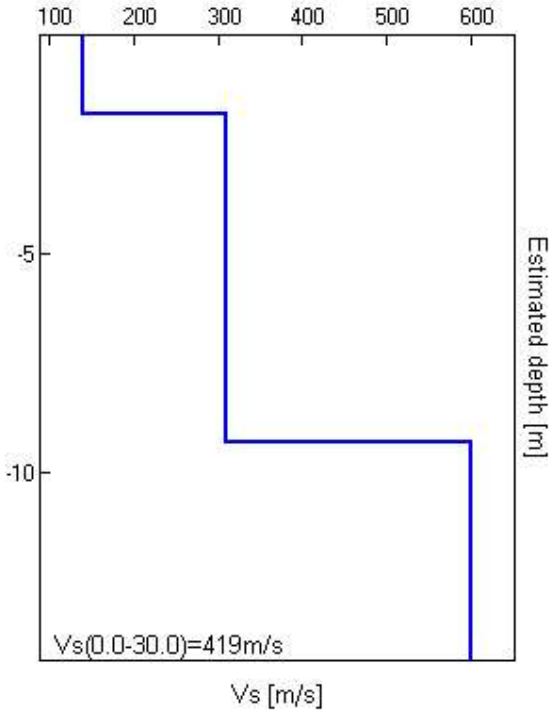


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	140	0.35
9.30	7.50	310	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=419m/s



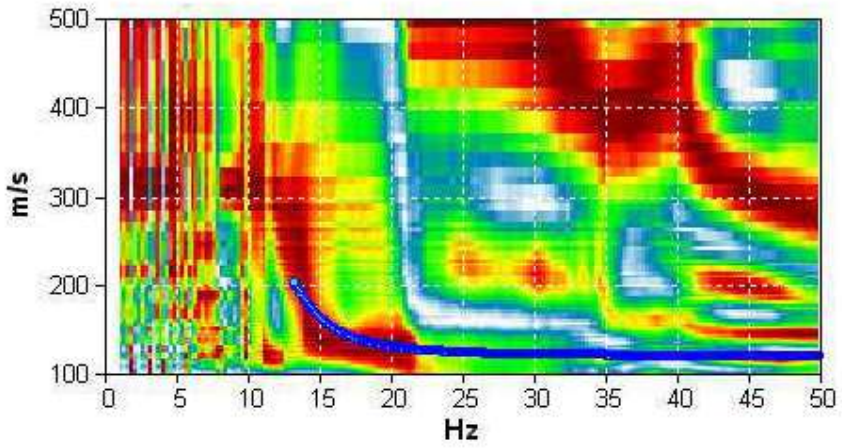
ISOLA, [Z] ISOLA DEL CANTONE A2

Inizio registrazione: 10/02/11 13:17:46 Fine registrazione: 10/02/11 13:21:32
Durata registrazione: 0h03'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7

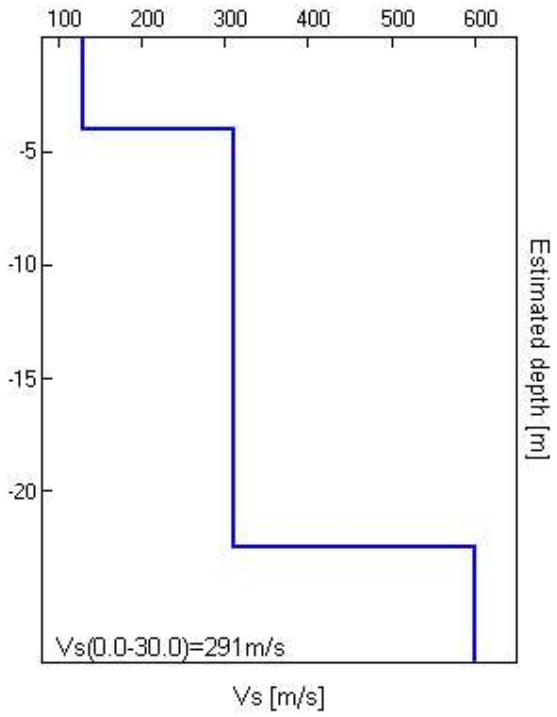
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	130	0.35
22.50	18.50	310	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=291m/s

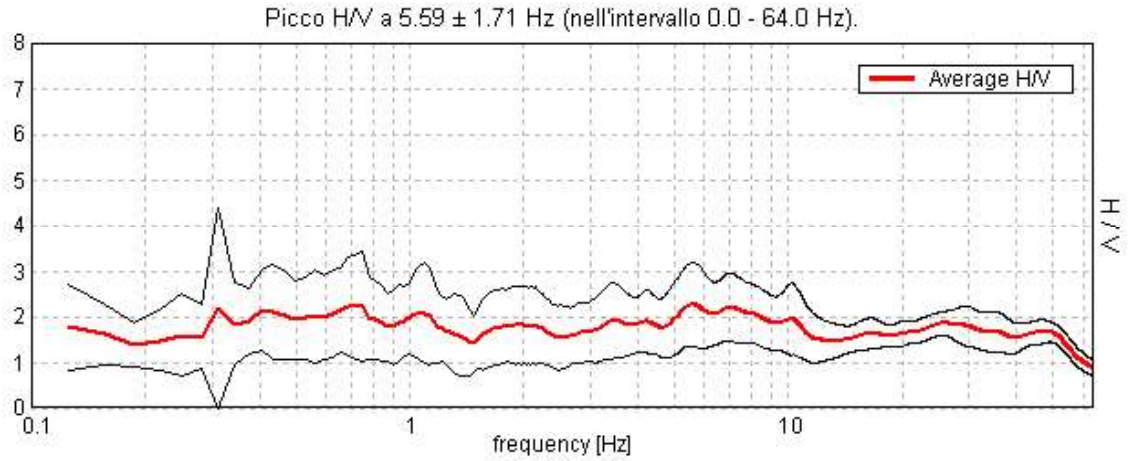

100
200
300
400
500
600
-5
-10
-15
-20
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=291m/s
Vs [m/s]

ISOLA, ISOLA DEL CANTONE A3

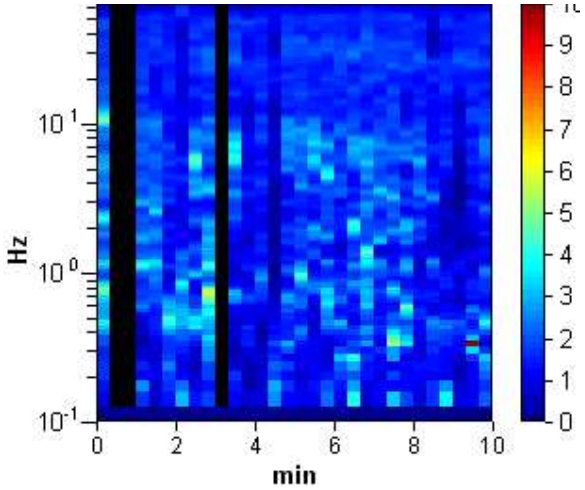
Strumento: TEP-0120/01-10
Inizio registrazione: 10/02/11 11:34:05 Fine registrazione: 10/02/11 11:44:06
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

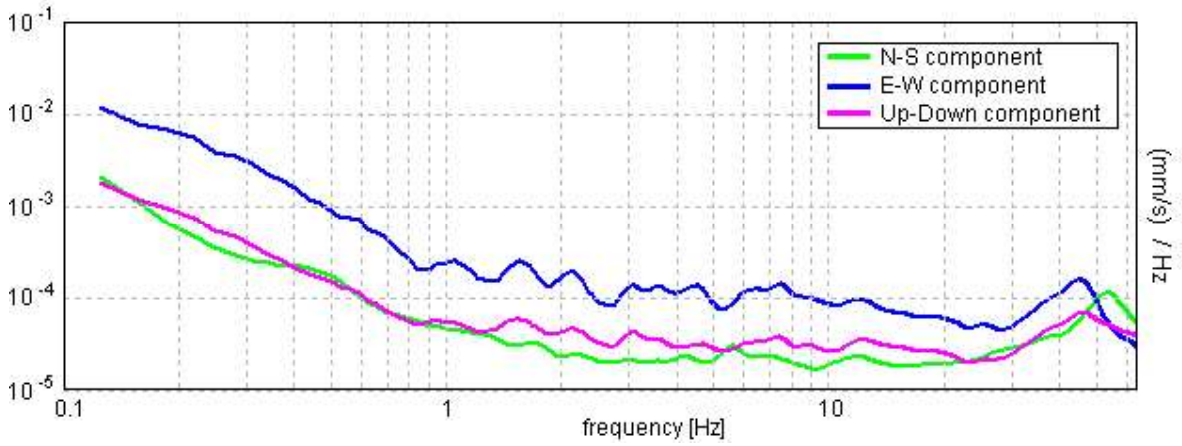
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



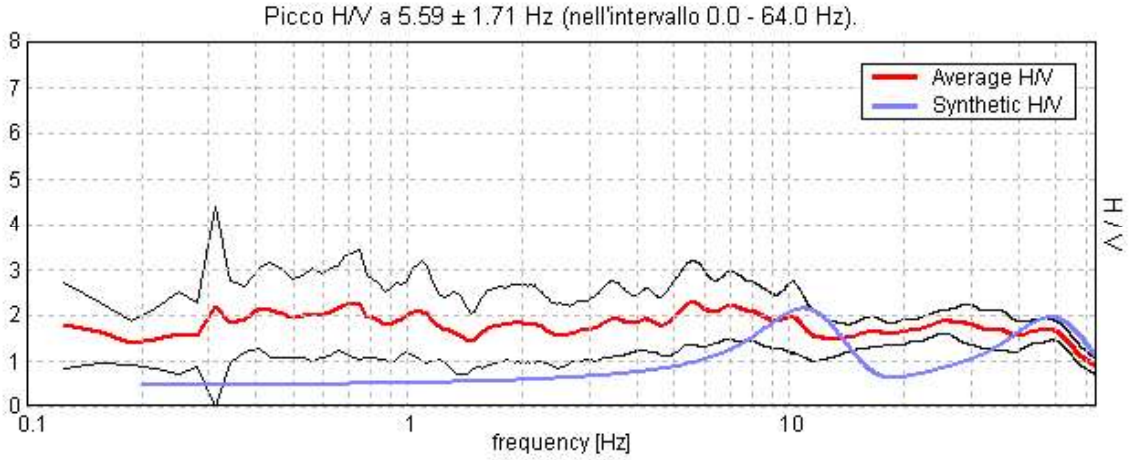
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

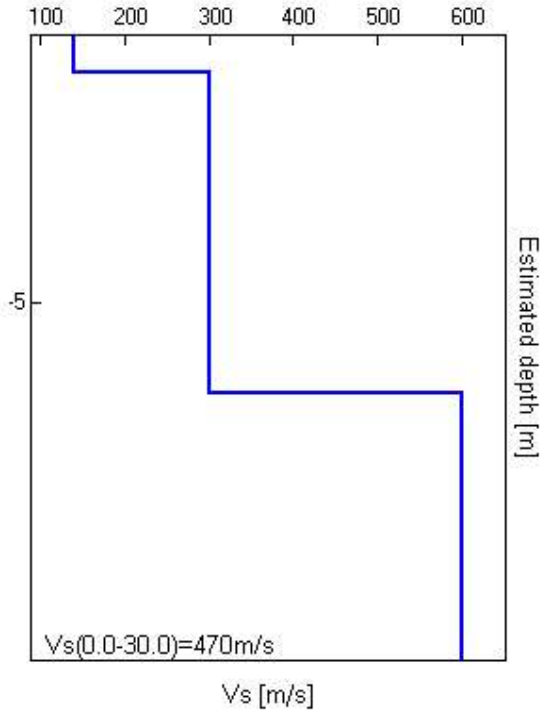


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	140	0.35
6.70	6.00	300	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=470m/s



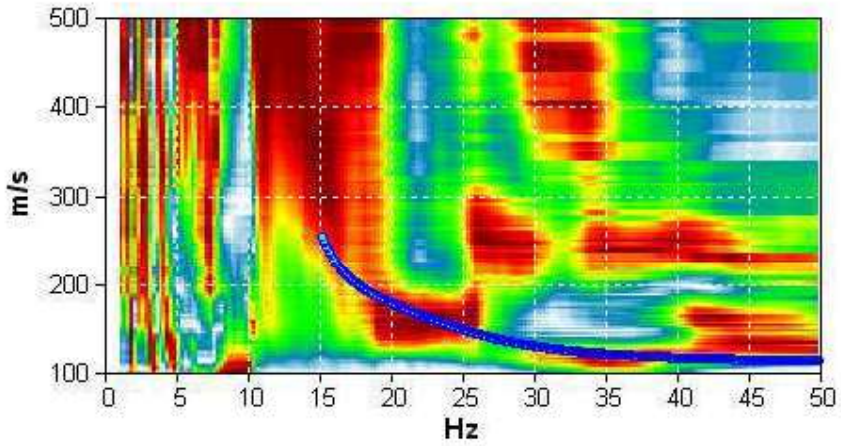
ISOLA, [Z] ISOLA DEL CANTONE A3

Inizio registrazione: 10/02/11 11:45:22 Fine registrazione: 10/02/11 11:51:59
Durata registrazione: 0h06'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

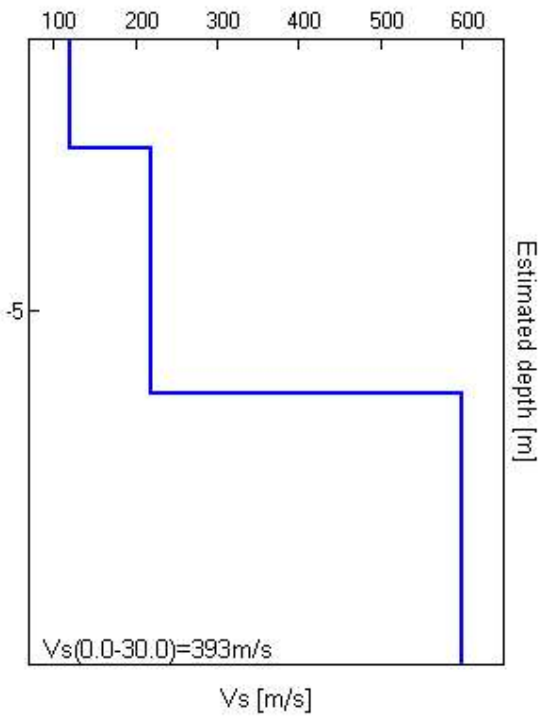
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	120	0.35
6.50	4.50	220	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=393m/s

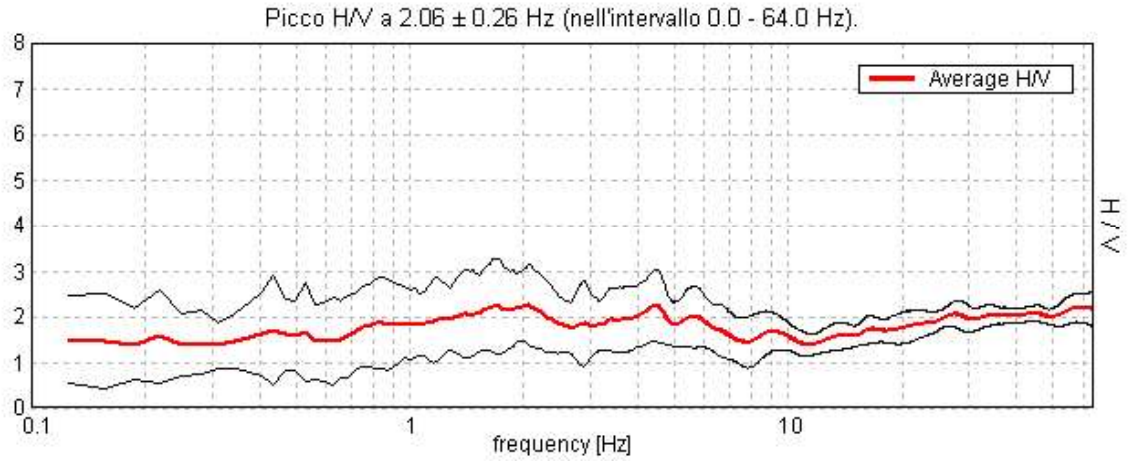

100
200
300
400
500
600
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=393m/s
Vs [m/s]

ISOLA, ISOLA DEL CANTONE A4

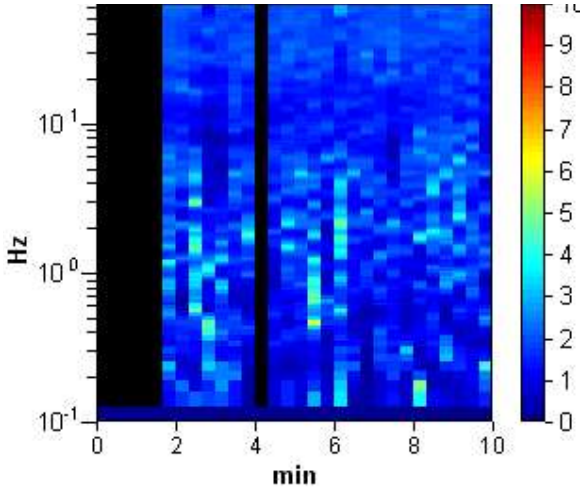
Strumento: TEP-0120/01-10
Inizio registrazione: 10/02/11 10:50:15 Fine registrazione: 10/02/11 11:00:16
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

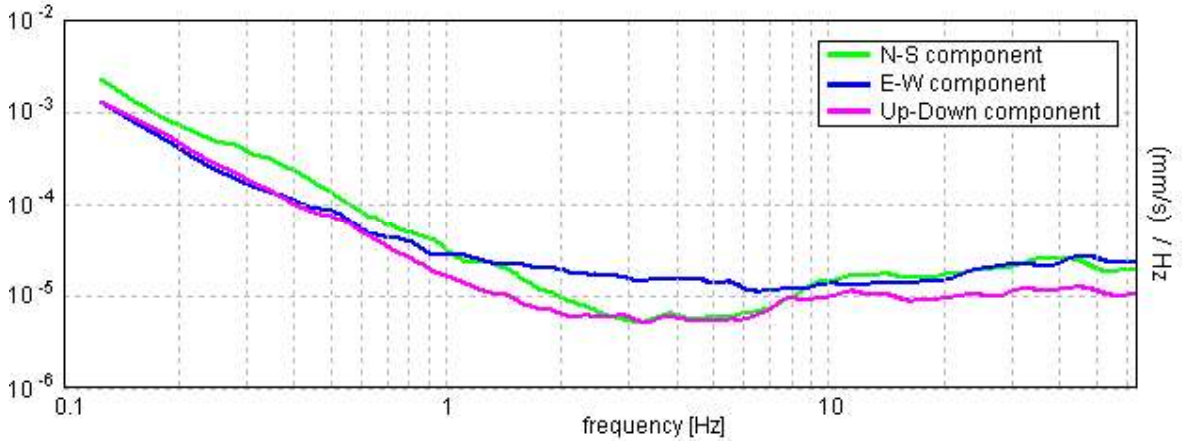
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



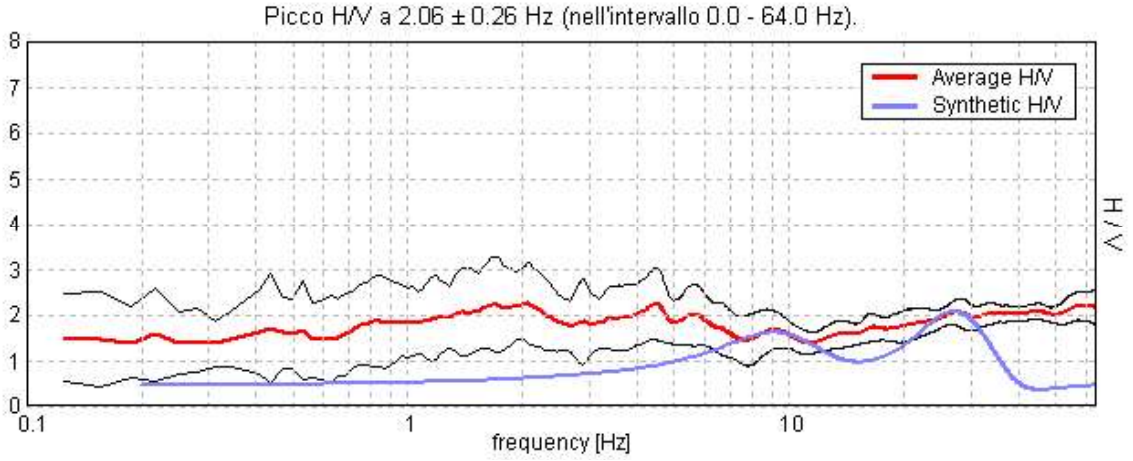
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

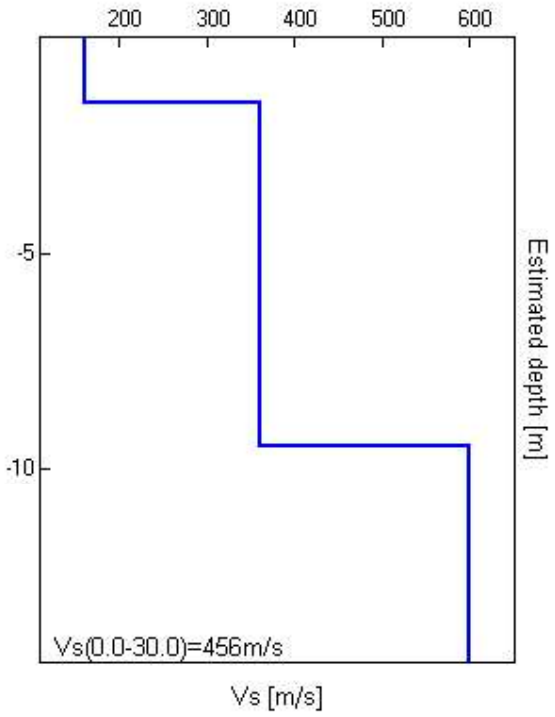


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	160	0.35
9.50	8.00	360	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=456m/s



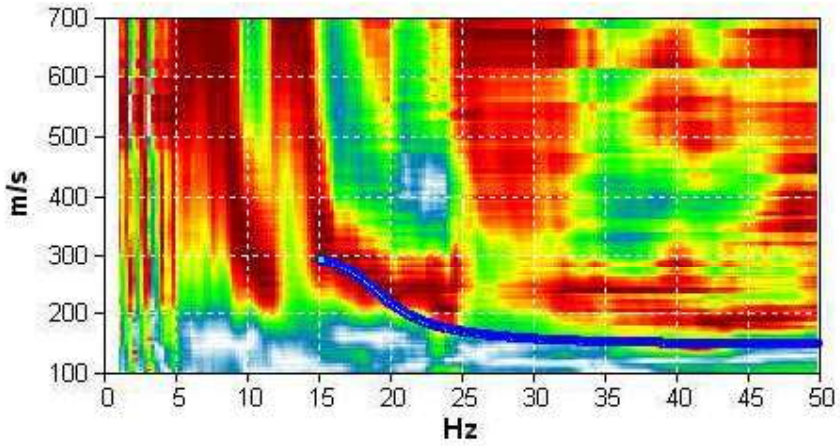
ISOLA, [Z] ISOLA DEL CANTONE A4

Inizio registrazione: 10/02/11 11:05:52 Fine registrazione: 10/02/11 11:11:32
Durata registrazione: 0h05'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11

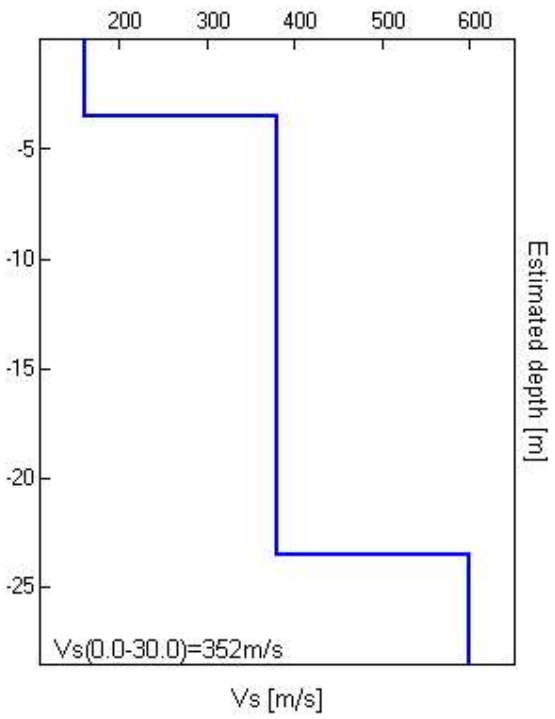
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.50	3.50	160	0.35
23.50	20.00	380	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=352m/s


200
300
400
500
600
-5
-10
-15
-20
-25
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=352m/s
Vs [m/s]

Relazione di calcolo

Definizione
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità
La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.
Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

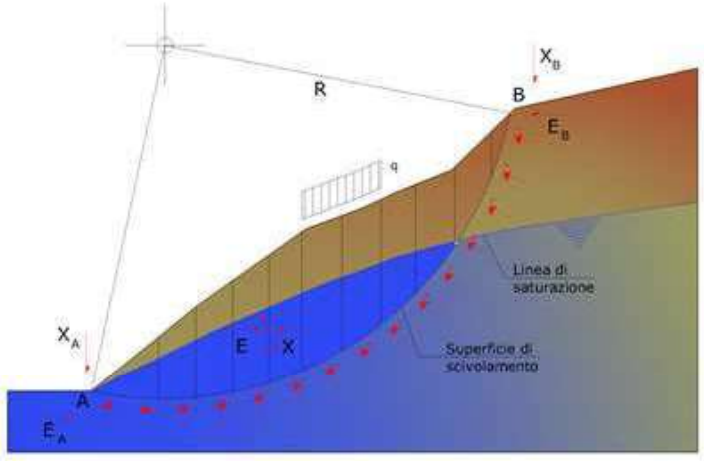
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido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

2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

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



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

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

Complessivamente le incognite sono (6n-2).
Mentre le equazioni a disposizione sono:

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

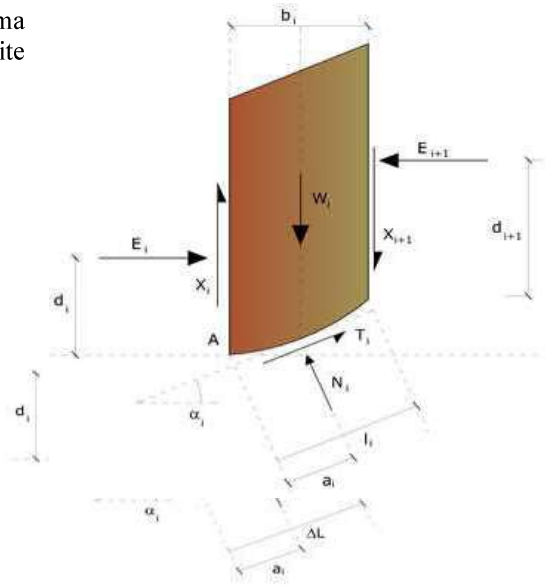
Totale numero di equazioni 4n.
Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

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

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i;
- n valori delle forze da taglio T_i;
- 1 fattore di sicurezza.



Incognite (2n+1).
Le equazioni a disposizione sono:

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

$$F=\frac{\Sigma\{c_i\times l_i+(W_i\times\cos\alpha_i-u_i\times l_i)\times\tan\phi_i\}}{\Sigma W_i\times\sin\alpha_i}$$

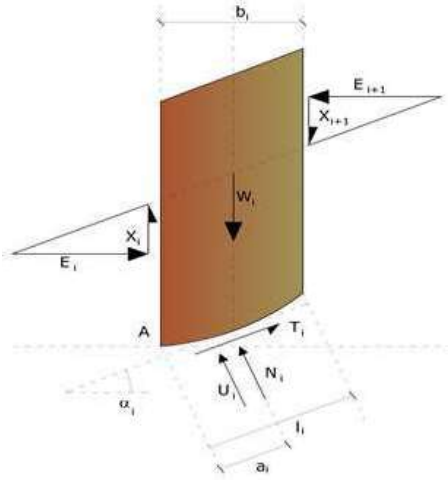
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \qquad \text{Criterio di rottura}$$

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



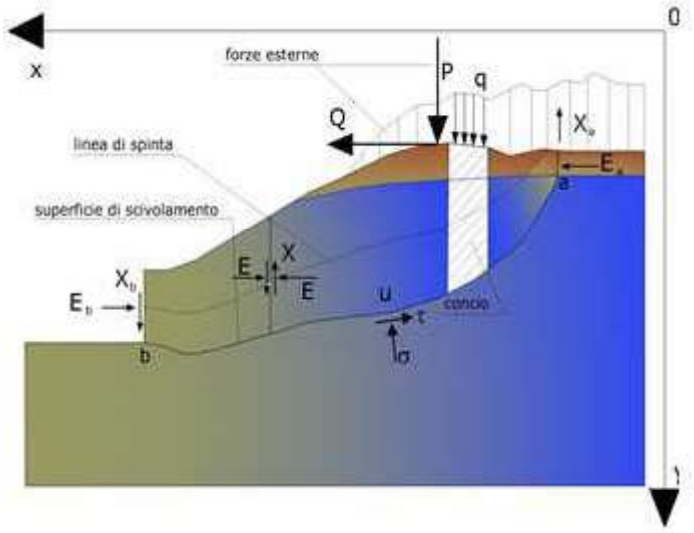
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario,** gli errori commessi rispetto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

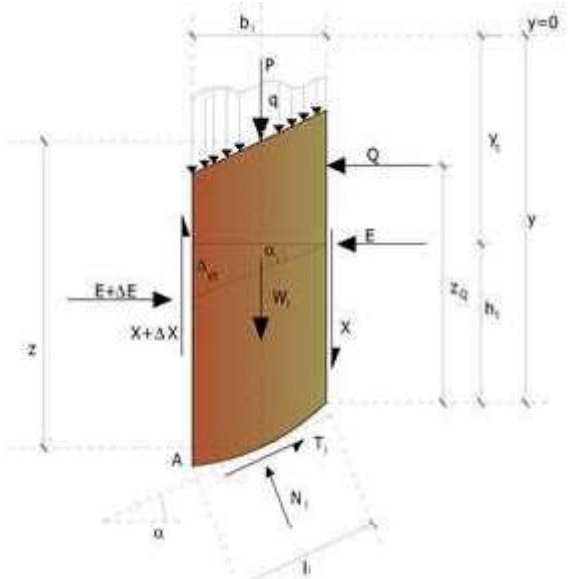
Metodo di Janbu (1967)

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

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

$$F = \frac{\Sigma \left\{ c_i \times b + \left(W_i \text{ -u}_i \times b_i + \Delta X_i \right) \times \tan \phi_i \right\} \times \dfrac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$



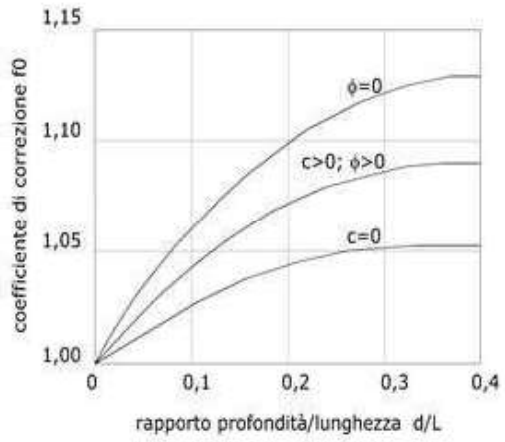


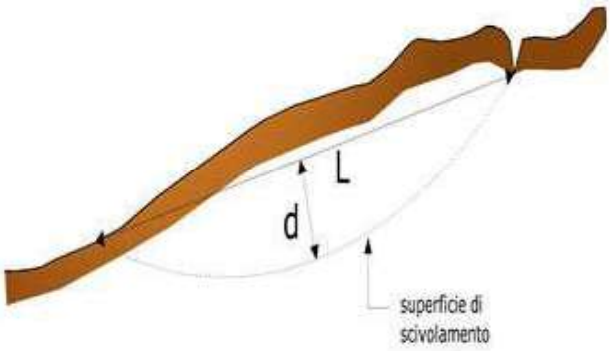
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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

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

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



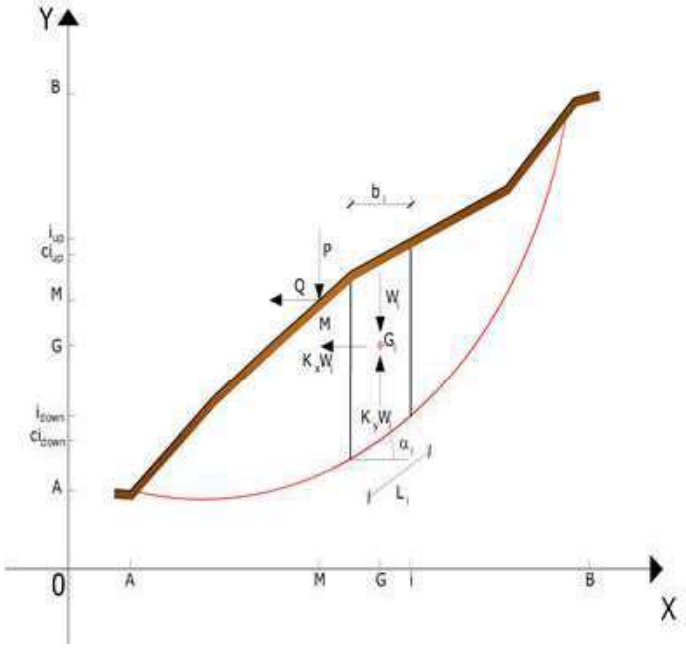


Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W, le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.
Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.
In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.
In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell'i-esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + \left(N_i - u_{ci} L_i \right) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:
F = il fattore di sicurezza;
$\mathbf{c_i}$ = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;
$\boldsymbol{\phi_i}$ = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;
$\mathbf{L_i}$ = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;
$\mathbf{u_{ci}}$ = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.



L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.
Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos\alpha_i / L_i =$ valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove $\mathbf{x_0}$ ed $\mathbf{x_n}$ sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre $\mathbf{x_{ci}}$ rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_Z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore (1 - K_Z).

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F, sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3. Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

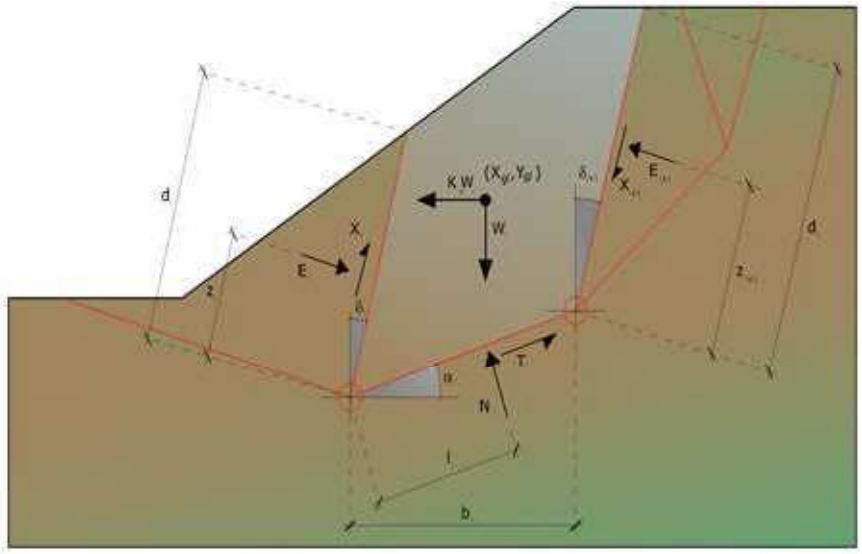
$$N_i \cos\alpha_i + T_i \sin\alpha_i = W_i - \Delta X_i$$
$$T_i \cos\alpha_i - N_i \sin\alpha_i = \mathrm{K}W_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\Sigma \Delta E_i = 0$$
$$\Sigma \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull' iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \mathrm{tg}\left(\psi_i' - \alpha_i\right) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot \left[\left(y_{\mathrm{mi}} - y_G\right) \cdot \mathrm{tg}\left(\psi_i' - \alpha'\right) + \left(x_i' - x_G\right)\right] = \sum W_i \cdot \left(x_{\mathrm{mi}} - x_G\right) + \sum \Delta_i \cdot \left(y_{\mathrm{mi}} - y_G\right)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1** , ossia l'accelerazione critica.
Si ha pertanto:

K=Kc	**Accelerazione critica** se F=1
F=Fs	**Fattore di sicurezza in condizioni statiche** se K=0

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.
E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i:

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot \left(Q_{i+1} - Q_i\right)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i-esima faccia del concio i, e λ rappresenta un'incognita.
La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c, λ e F, che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

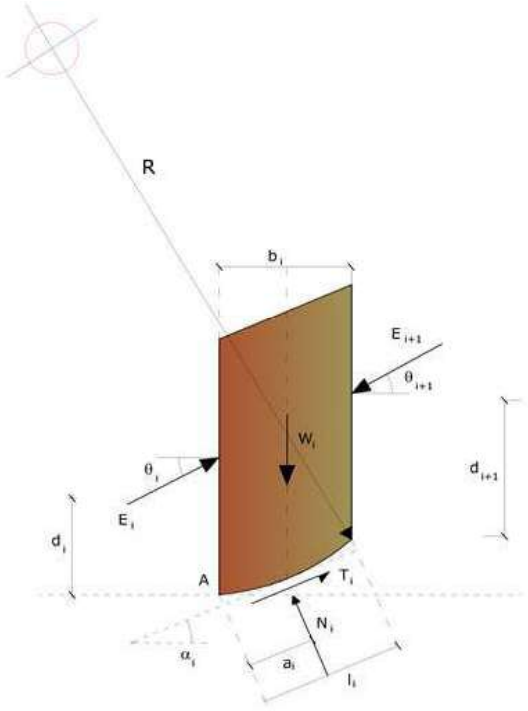
1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con i=1…..n.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale ametodo di Morgenstern e Price quando la funzione f(x) = 1. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

1) $$\sum Q_i R\cos(\alpha-\theta)=0$$

dove:

$$Q_i=\frac{\frac{c}{F_s}\left(W\cos\alpha-\gamma_w \mathrm{hl}\sec\alpha\right)\frac{\mathrm{tg}\,\alpha}{F_s}-\mathrm{Wsen}\,\alpha}{\cos(\alpha-\theta)\left[\frac{F_s+\mathrm{tg}\,\phi\,\mathrm{tg}(\alpha-\theta)}{F_s}\right]}$$



forza d'interazione fra i conci;
R = raggio dell'arco di cerchio;
θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.
Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum\left(Q_i\cos\theta\right)=0$$
$$\sum\left(Q_i\,\mathrm{sen}\,\theta\right)=0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

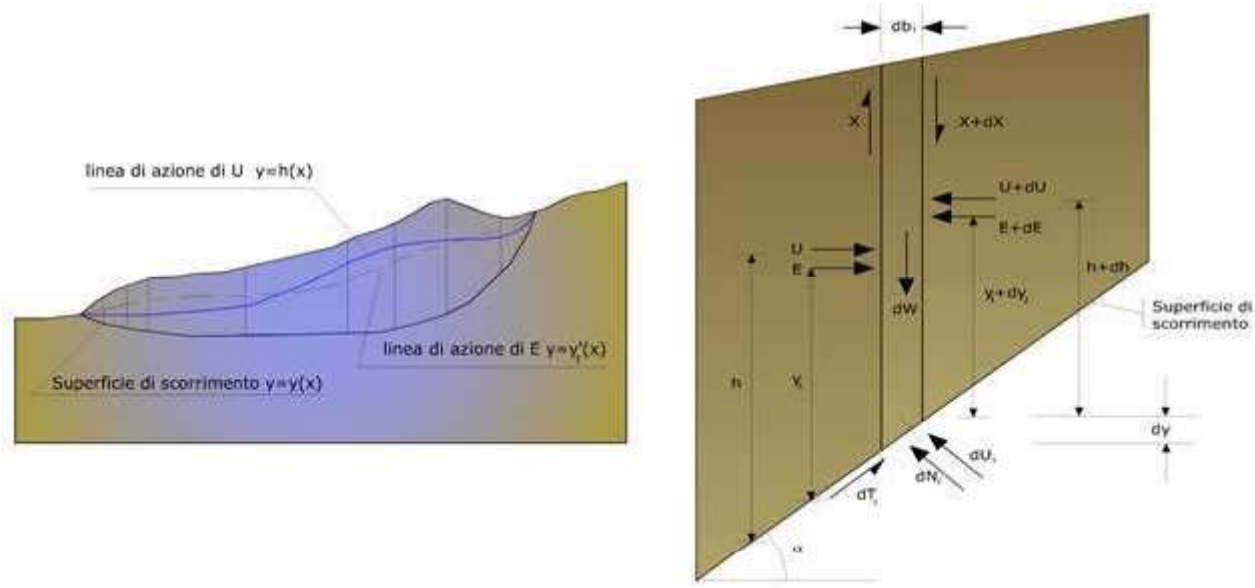
2) $$\sum Q_i=0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ, considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm}=F_{sf}$$

Metodo di Morgenstern e Price (1965)
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo X = λ f(x)E, dove λ è un fattore di scala e f(x), funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta arbitrariamente (costante, sinusoide, semisinusoide, trapezia, spezzata…) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.
La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_S, il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU.
Si ottiene la cosiddetta "**equazione delle forze**":

$$c'\sec^2\frac{\alpha}{F_s}+\mathrm{tg}\,\phi'\left(\frac{\mathrm{dW}}{\mathrm{dx}}-\frac{\mathrm{dX}}{\mathrm{dx}}-\mathrm{tg}\,\alpha\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}}-\sec\alpha\frac{\mathrm{dU}}{\mathrm{dx}}\right)=¿$$
$$¿\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}}-\mathrm{tg}\,\alpha\left(\frac{\mathrm{dX}}{\mathrm{dx}}-\frac{\mathrm{dW}}{\mathrm{dx}}\right)$$



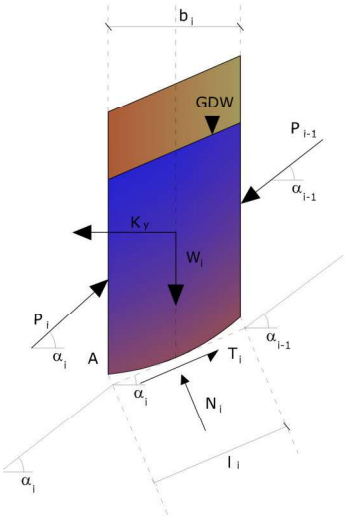
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta "**equazione dei momenti**", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d\left(E_y\right)}{\mathrm{dx}} - y\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)



Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a (8n-4), ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.
Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

-Ky sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da (n-1) a (7n-3);
-Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a (6n-3);
-La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da (n-1) a (5n-2);
-Le forze (Pi-1) e Pi si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia
(αi), riducendo il numero di incognite da (n-1) a (4n-1);
-Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a (3n-1);

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a (3n), da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R, chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R=\frac{1}{s/d}+\left(1-\frac{1}{s/d}\right)\cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica
La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H=K_x W$$
$$F_V=K_y W$$

Essendo:

- $\mathbf{F_H}$ e $\mathbf{F_V}$ rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- $\mathbf{K_x}$ coefficiente sismico orizzontale;
- $\mathbf{K_y}$ coefficiente sismico verticale.

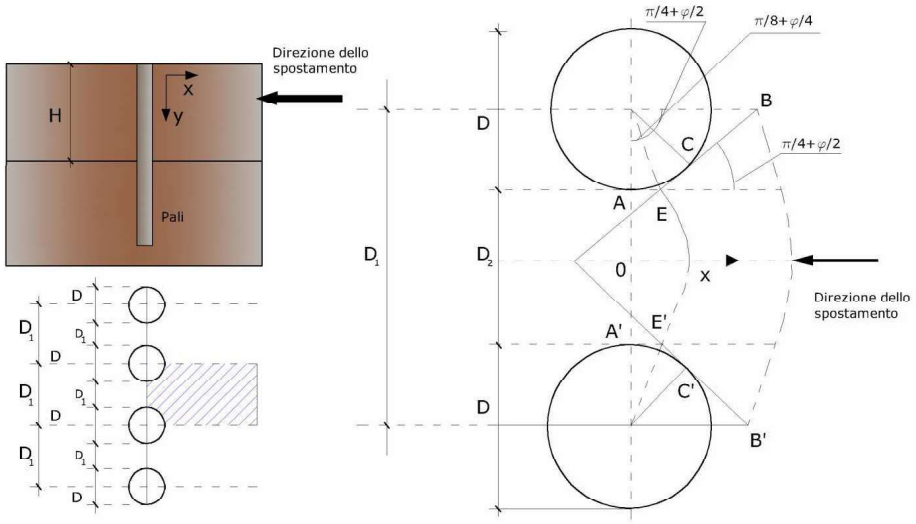
Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.
Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale
Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede

imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinte attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B;
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli +(45 + φ/2) e –(45 + φ/2);
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z)=C\cdot D_1(D_1/D_2)^{k1}\left[1/(N_\phi \tan\phi)\left(e^{k2}-2(N_\phi)^{1/2}\tan\phi-1\right)+K3\right]-C\left[D_1\cdot K_3-D_2/(N_\phi)^{1/2}\right]+\gamma Z/N_\phi\left[D_1(D_1/D_2\right.$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:
C = coesione terreno;
φ = angolo di attrito terreno;
γ = peso specifico terreno;
D_1 = interasse tra i pali;
D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;
N_φ = $\tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1=(N_\phi)^{1/2}\tan\phi+N_\phi-1$$
$$K_2=(D_1-D_2)/D_2\cdot N_\phi \tan(\pi/8+\phi/4)$$
$$K_3=\left[2\tan\phi+2(N_\phi)^{1/2}+1/(N_\phi)^{1/2}\right]/\left[(N_\phi)^{1/2}\tan\phi+N_\phi-1\right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere c = 0, l'espressione diventa:

$$P=1/2\gamma \cdot H^2/N_\phi\left[D_1\left(D_1/D_2\right)^{k1}\cdot e^{k2}-D_2\right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con φ = 0 e C ≠ 0, si ha:

$$P(z)=C\left[D_1\left(3\ln\left(D_1/D_2\right)+\left(D_1-D_2\right)/D_2\,\mathrm{tag}\,\pi/8\right)-2\left(D_1-D_2\right)\right]+\gamma\cdot Z\left(D_1-D_2\right)$$

$$P=\int_0^H P(Z)\mathrm{dZ}$$

$$P=C\cdot H\left[D_1\left(3\ln\left(D_1/D_2\right)+\left(D_1-D_2\right)/D_2\,\mathrm{tag}\,\pi/8\right)-2\left(D_1-D_2\right)\right]+1/2\gamma H^2\left(D_1-D_2\right)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D2/D1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti (D_2 = 0 P→ ∞ e D_2 = D_1 P→ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

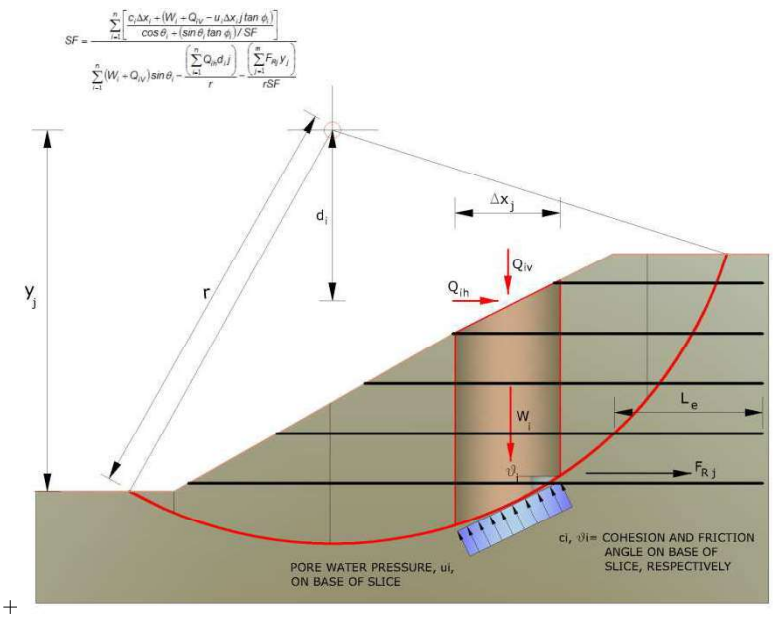
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow}, si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.
L' altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{\text{Pullout}} = 2 \cdot \text{Le} \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ	Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;
$T_{Pullout}$	Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;
L_e	Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
f_b	Coefficiente di *Pullout*;
σ'_v	Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

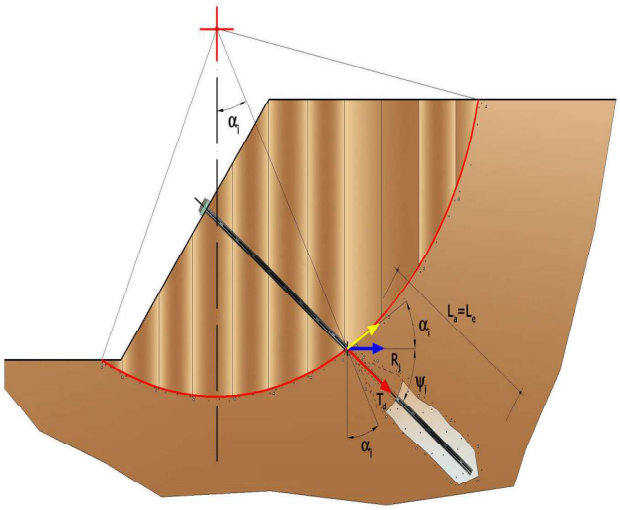
Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T'.

Ancoraggi
Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

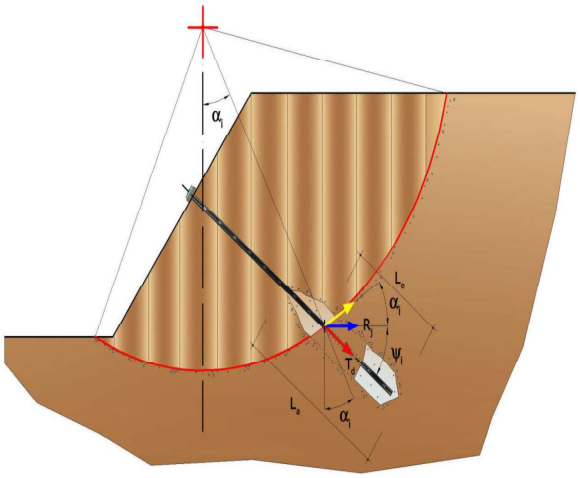
- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione**: indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$Fs = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo e per i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$Fs = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

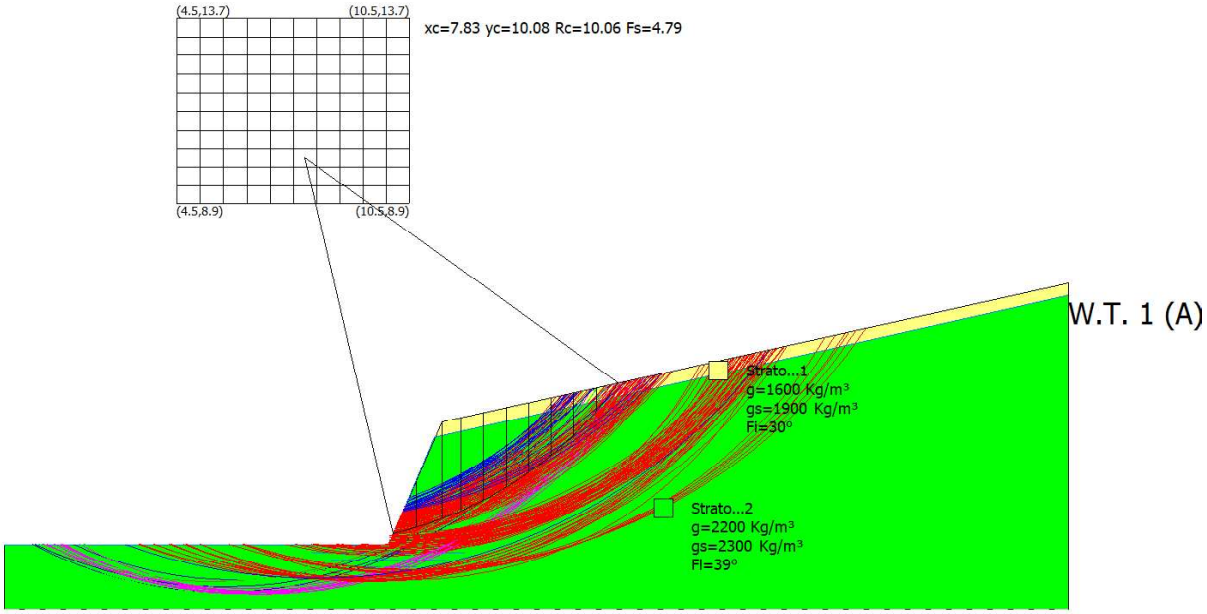
$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i}\right) \cdot \left(\frac{\square_{L_e}}{L_a}\right)$$

dove:

T_d	tiro esercizio;
Ψ_i	inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
i	interasse;
Le	lunghezza efficace;
La	lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

AG01



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0061
Coefficiente azione sismica verticale 0.0031

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.4	3.2
4	27.7	6.8

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.2	2.8
4	27.7	6.5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.2	2.8
4	27.7	6.5

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		

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

Fs minimo individuato	4.79
Ascissa centro superficie	7.83 m
Ordinata centro superficie	10.08 m
Raggio superficie	10.06 m

Numero di superfici esaminate....(171)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6.0	9.1	10.0	11.13
2	6.3	8.9	10.2	9.09
3	6.6	9.1	10.4	8.21
4	6.9	8.9	10.2	7.77
5	7.2	9.1	9.0	5.46
6	7.5	8.9	8.7	5.34
7	7.8	9.1	8.7	5.52
8	8.1	8.9	8.5	5.43
9	8.4	9.1	9.1	5.08
10	8.7	8.9	8.8	5.07
11	9.0	9.1	8.9	5.24
12	9.3	8.9	8.7	5.27
13	9.6	9.1	8.8	5.50
14	9.9	8.9	9.2	5.49
15	10.2	9.1	9.3	5.40
16	10.5	8.9	9.1	5.31
17	5.7	9.4	10.6	10.94
18	6.0	9.6	10.9	9.53
19	6.3	9.4	10.3	9.70
20	6.6	9.6	10.9	8.09
21	6.9	9.4	9.3	5.62
22	7.2	9.6	9.3	5.74
23	7.5	9.4	9.0	5.61
24	7.8	9.6	9.1	5.81
25	8.1	9.4	8.8	5.74
26	8.4	9.6	9.5	5.25
27	8.7	9.4	9.2	5.24

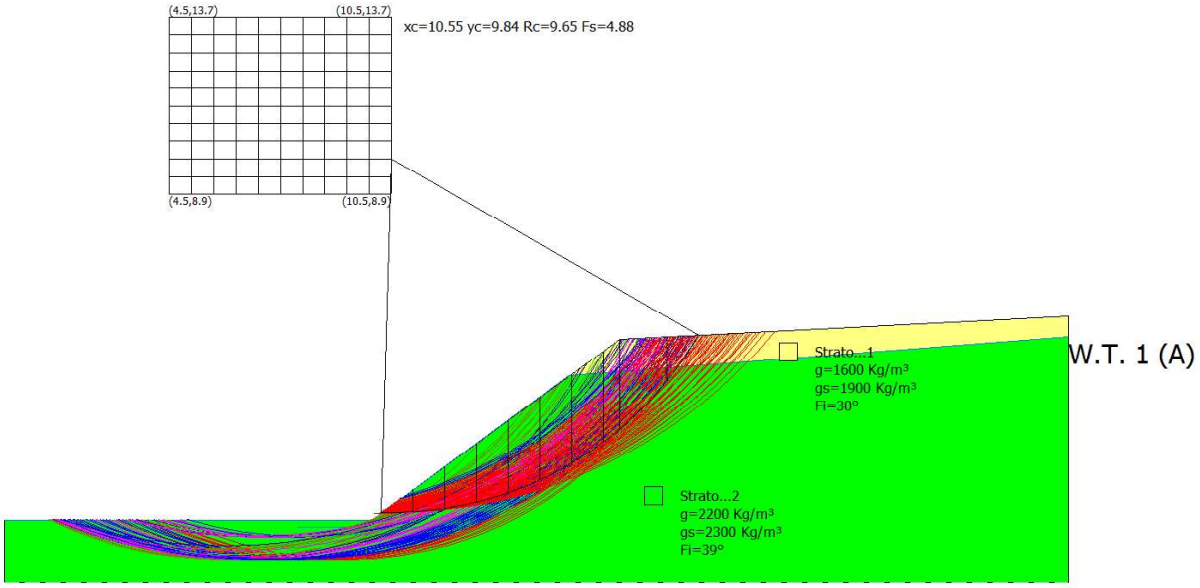
28	9.0	9.6	9.3	5.43
29	9.3	9.4	9.0	5.45
30	9.6	9.6	9.9	5.63
31	9.9	9.4	9.6	5.54
32	10.2	9.6	9.8	5.38
33	10.5	9.4	10.3	5.35
34	6.0	10.1	11.3	9.32
35	6.3	9.8	11.1	8.58
36	6.6	10.1	11.3	8.00
37	6.9	9.8	9.6	5.90
38	7.2	10.1	9.7	6.05
39	7.5	9.8	9.4	5.92
40	7.8	10.1	10.1	4.79
41	8.1	9.8	9.8	5.28
42	8.4	10.1	9.9	5.44
43	8.7	9.8	9.6	5.42
44	9.0	10.1	9.7	5.63
45	9.3	9.8	9.4	5.65
46	9.6	10.1	11.0	5.64
47	9.9	9.8	10.0	5.53
48	10.2	10.1	10.2	5.39
49	10.5	9.8	9.9	5.29
50	5.4	10.6	11.5	12.44
51	5.7	10.3	11.4	10.73
52	6.0	10.6	11.3	10.47
53	6.3	10.3	11.6	8.44
54	6.6	10.6	11.8	7.94
55	6.9	10.3	10.0	6.20
56	7.2	10.6	10.1	6.39
57	7.5	10.3	9.8	6.27
58	7.8	10.6	10.5	4.96
59	8.1	10.3	10.2	4.92
60	8.4	10.6	10.3	5.08
61	8.7	10.3	10.0	5.62
62	9.0	10.6	10.1	5.84
63	9.3	10.3	11.3	5.70
64	9.6	10.6	11.5	5.65
65	9.9	10.3	10.5	5.50
66	10.2	10.6	10.6	5.34
67	10.5	10.3	10.3	5.19
68	5.7	10.8	11.8	10.52
69	6.3	10.8	12.0	8.33
70	6.6	11.0	10.7	6.76
71	6.9	10.8	10.4	6.56
72	7.2	11.0	11.0	5.09
73	7.5	10.8	10.7	5.02
74	7.8	11.0	10.8	5.15
75	8.1	10.8	10.6	5.11
76	8.4	11.0	10.7	5.28
77	8.7	10.8	10.4	5.26
78	9.0	11.0	12.0	5.86
79	9.3	10.8	11.7	5.72
80	9.6	11.0	11.1	5.62
81	9.9	10.8	10.9	5.47
82	10.2	11.0	11.0	5.20
83	10.5	10.8	10.8	5.27
84	5.7	11.3	12.2	10.35

85	6.3	11.3	12.4	8.34
86	6.6	11.5	11.0	7.17
87	6.9	11.3	10.7	6.97
88	7.2	11.5	11.4	5.27
89	7.5	11.3	11.1	5.20
90	7.8	11.5	11.2	5.34
91	8.1	11.3	11.0	5.30
92	8.4	11.5	11.1	5.48
93	8.7	11.3	10.8	5.47
94	9.0	11.5	10.9	5.70
95	9.3	11.3	12.2	5.79
96	9.6	11.5	11.6	5.55
97	9.9	11.3	11.3	5.35
98	10.2	11.5	11.5	5.30
99	10.5	11.3	11.2	5.37
100	6.0	12.0	11.9	6.19
101	6.6	12.0	12.0	5.47
102	6.9	11.8	11.7	5.37
103	7.2	12.0	11.8	5.48
104	7.5	11.8	11.5	5.40
105	7.8	12.0	11.6	5.55
106	8.1	11.8	11.4	5.51
107	8.4	12.0	11.5	5.71
108	8.7	11.8	11.2	5.70
109	9.0	12.0	12.9	5.88
110	9.3	11.8	11.8	5.75
111	9.6	12.0	12.0	5.20
112	9.9	11.8	11.7	5.24
113	10.2	12.0	11.9	5.40
114	10.5	11.8	12.5	5.46
115	6.0	12.5	12.3	6.55
116	6.3	12.3	12.1	5.95
117	6.6	12.5	12.3	5.79
118	6.9	12.3	12.1	5.57
119	7.2	12.5	12.2	5.69
120	7.5	12.3	11.9	5.62
121	7.8	12.5	12.0	5.78
122	8.1	12.3	11.8	5.74
123	8.4	12.5	11.9	5.95
124	8.7	12.3	11.6	5.93
125	9.0	12.5	12.5	5.87
126	9.3	12.3	13.1	5.82
127	9.6	12.5	12.4	5.31
128	9.9	12.3	12.2	5.35
129	10.2	12.5	12.3	5.51
130	10.5	12.3	13.0	5.48
131	6.0	13.0	12.7	6.95
132	6.3	12.7	12.5	6.30
133	6.6	13.0	12.7	6.14
134	6.9	12.7	12.5	5.79
135	7.2	13.0	12.6	5.92
136	7.5	12.7	12.3	5.84
137	7.8	13.0	12.4	6.02
138	8.1	12.7	12.2	5.98
139	8.4	13.0	13.9	6.21
140	8.7	12.7	13.6	6.04
141	9.0	13.0	13.0	5.24

142	9.3	12.7	12.7	5.28
143	9.6	13.0	12.8	5.42
144	9.9	12.7	12.6	5.46
145	10.2	13.0	12.7	5.62
146	10.5	12.7	13.5	5.50
147	6.0	13.5	13.0	7.41
148	6.3	13.2	12.9	6.69
149	6.6	13.5	13.0	6.52
150	6.9	13.2	12.9	6.02
151	7.2	13.5	13.0	6.17
152	7.5	13.2	12.7	6.09
153	7.8	13.5	12.8	6.29
154	8.1	13.2	12.5	6.24
155	8.4	13.5	14.3	6.22
156	8.7	13.2	14.1	6.05
157	9.0	13.5	13.4	5.38
158	9.3	13.2	13.1	5.39
159	9.6	13.5	13.3	5.54
160	9.9	13.2	13.0	5.57
161	10.2	13.5	14.2	5.58
162	10.5	13.2	13.9	5.52
163	5.1	13.7	13.7	6.96
164	6.3	13.7	13.2	7.13
165	6.9	13.7	13.2	6.39
166	7.5	13.7	13.1	6.35
167	8.1	13.7	14.6	6.40
168	8.7	13.7	13.7	5.37
169	9.3	13.7	13.5	5.51
170	9.9	13.7	13.4	5.69
171	10.5	13.7	14.4	5.55

==========

AG02



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

==========

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	16.77	4.92
4	29.0	5.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	15.4	3.94
4	29.0	5.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	15.4	3.94
4	29.0	5.0

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		

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

Fs minimo individuato	4.88
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	9.84 m
Raggio superficie	9.65 m

Numero di superfici esaminate....(160)

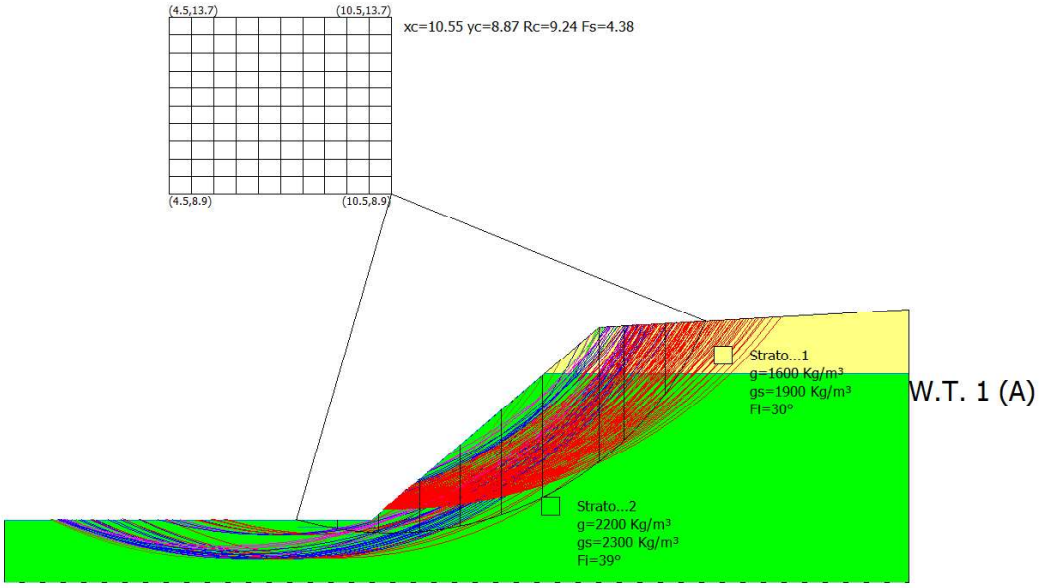
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	5.7	8.9	9.9	18.18
2	6.0	9.1	10.2	18.18
3	6.3	8.9	10.0	18.18
4	6.6	9.1	10.2	18.06
5	6.9	8.9	10.0	15.32
6	7.2	9.1	10.2	12.22
7	7.5	8.9	10.0	10.92
8	7.8	9.1	10.2	9.17
9	8.1	8.9	10.0	8.39
10	8.4	9.1	10.2	7.52
11	8.7	8.9	10.0	7.10
12	9.0	9.1	10.2	6.57
13	9.3	8.9	10.0	6.23
14	9.6	9.1	8.9	5.61
15	9.9	8.9	8.7	5.23
16	10.2	9.1	8.9	5.08
17	10.5	8.9	8.7	4.95
18	6.0	9.6	10.7	18.18
19	6.3	9.4	10.4	18.18
20	6.6	9.6	10.7	15.97
21	6.9	9.4	10.4	13.86
22	7.2	9.6	10.7	11.34
23	7.5	9.4	10.4	10.12
24	7.8	9.6	10.7	8.59
25	8.1	9.4	10.4	8.01

26	8.4	9.6	10.7	7.34
27	8.7	9.4	10.4	6.93
28	9.0	9.6	10.7	6.42
29	9.3	9.4	9.2	6.01
30	9.6	9.6	9.4	5.23
31	9.9	9.4	9.2	5.26
32	10.2	9.6	9.4	5.03
33	10.5	9.4	9.2	4.91
34	6.0	10.1	11.1	18.18
35	6.3	9.8	10.9	18.18
36	6.6	10.1	11.2	14.52
37	6.9	9.8	10.9	12.85
38	7.2	10.1	11.2	10.46
39	7.5	9.8	10.9	9.42
40	7.8	10.1	10.5	10.90
41	8.1	9.8	10.9	7.80
42	8.4	10.1	11.2	7.16
43	8.7	9.8	10.9	6.76
44	9.0	10.1	9.9	6.12
45	9.3	9.8	9.7	5.62
46	9.6	10.1	9.9	5.37
47	9.9	9.8	9.7	5.18
48	10.2	10.1	9.9	4.98
49	10.5	9.8	9.6	4.88
50	5.7	10.3	11.2	18.18
51	6.9	10.3	10.8	18.18
52	7.2	10.6	11.0	14.90
53	7.5	10.3	10.8	12.68
54	7.8	10.6	11.0	10.00
55	8.1	10.3	10.8	9.02
56	8.4	10.6	10.4	7.26
57	8.7	10.3	10.2	6.64
58	9.0	10.6	10.4	5.67
59	9.3	10.3	10.2	5.60
60	9.6	10.6	10.4	5.28
61	9.9	10.3	10.1	5.12
62	10.2	10.6	10.4	4.97
63	10.5	10.3	10.1	4.88
64	5.7	10.8	11.6	18.18
65	6.9	10.8	11.3	17.79
66	7.2	11.0	11.5	13.32
67	7.5	10.8	11.3	11.45
68	7.8	11.0	11.5	9.49
69	8.1	10.8	10.7	8.16
70	8.4	11.0	10.9	6.84
71	8.7	10.8	10.6	6.18
72	9.0	11.0	10.9	5.75
73	9.3	10.8	10.6	5.49
74	9.6	11.0	10.9	5.22
75	9.9	10.8	10.6	5.07
76	10.2	11.0	10.9	4.96
77	10.5	10.8	10.6	4.88
78	5.7	11.3	12.1	18.18
79	6.3	11.3	12.3	14.59
80	6.6	11.5	12.6	11.24
81	6.9	11.3	11.8	15.89
82	7.2	11.5	12.6	8.97

83	7.5	11.3	11.8	10.49
84	7.8	11.5	12.6	7.68
85	8.1	11.3	12.4	7.24
86	8.4	11.5	11.4	6.27
87	8.7	11.3	11.1	6.07
88	9.0	11.5	11.4	5.62
89	9.3	11.3	11.1	5.40
90	9.6	11.5	11.4	5.18
91	9.9	11.3	11.1	5.06
92	10.2	11.5	11.3	4.95
93	10.5	11.3	11.1	4.88
94	6.0	12.0	12.9	18.18
95	6.6	12.0	13.1	10.53
96	6.9	11.8	12.9	9.66
97	7.2	12.0	13.1	8.72
98	7.5	11.8	12.9	8.17
99	7.8	12.0	13.1	7.51
100	8.1	11.8	11.6	6.98
101	8.4	12.0	11.9	6.26
102	8.7	11.8	11.6	5.90
103	9.0	12.0	11.8	5.53
104	9.3	11.8	11.6	5.33
105	9.6	12.0	11.8	5.15
106	9.9	11.8	11.6	5.04
107	10.2	12.0	11.8	4.95
108	10.5	11.8	11.6	4.89
109	6.0	12.5	13.3	17.62
110	6.3	12.3	13.2	12.98
111	6.6	12.5	13.5	10.29
112	6.9	12.3	13.3	9.36
113	7.2	12.5	13.6	8.48
114	7.5	12.3	13.3	7.96
115	7.8	12.5	12.3	7.13
116	8.1	12.3	12.1	6.39
117	8.4	12.5	12.3	6.07
118	8.7	12.3	12.1	5.77
119	9.0	12.5	12.3	5.45
120	9.3	12.3	12.1	5.29
121	9.6	12.5	12.3	5.13
122	9.9	12.3	12.1	5.03
123	10.2	12.5	12.3	4.96
124	10.5	12.3	12.1	4.91
125	6.6	13.0	14.0	10.12
126	6.9	12.7	13.8	9.09
127	7.2	13.0	14.1	8.27
128	7.5	12.7	12.6	8.12
129	7.8	13.0	12.8	6.93
130	8.1	12.7	12.6	6.45
131	8.4	13.0	12.8	5.93
132	8.7	12.7	12.6	5.67
133	9.0	13.0	12.8	5.41
134	9.3	12.7	12.6	5.26
135	9.6	13.0	12.8	5.12
136	9.9	12.7	12.6	5.03
137	10.2	13.0	12.8	4.99
138	10.5	12.7	12.5	4.94
139	6.0	13.5	14.2	15.07

140	6.3	13.2	14.1	11.82
141	6.9	13.2	13.7	9.93
142	7.2	13.5	13.3	8.39
143	7.5	13.2	13.1	7.32
144	7.8	13.5	13.3	6.67
145	8.1	13.2	13.1	6.26
146	8.4	13.5	13.3	5.82
147	8.7	13.2	13.1	5.58
148	9.0	13.5	13.3	5.37
149	9.3	13.2	13.0	5.23
150	9.6	13.5	13.3	5.12
151	9.9	13.2	13.0	5.04
152	10.2	13.5	13.3	5.00
153	10.5	13.2	13.0	4.97
154	6.9	13.7	14.1	9.75
155	7.5	13.7	13.6	7.19
156	8.1	13.7	13.5	6.11
157	8.7	13.7	13.5	5.53
158	9.3	13.7	13.5	5.22
159	9.9	13.7	13.5	5.06
160	10.5	13.7	13.5	4.99

AG03



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	16.2	5.26
4	24.66	5.74

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	14.7	4.0
4	24.66	4.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	14.7	4.0
4	24.66	4.0

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		

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

Fs minimo individuato	4.38
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	8.87 m
Raggio superficie	9.24 m

Numero di superfici esaminate....(159)

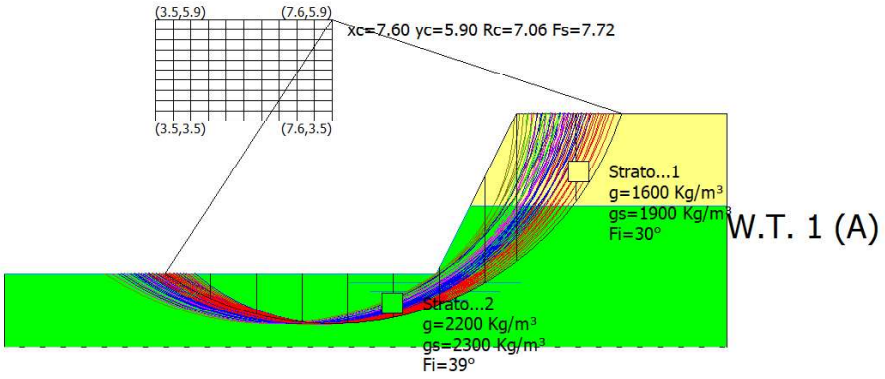
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	5.7	8.9	9.9	18.18
2	6.3	8.9	9.9	17.82
3	6.6	9.1	10.2	13.47
4	6.9	8.9	9.9	11.90
5	7.5	8.9	9.3	10.99
6	7.8	9.1	10.2	7.59
7	8.1	8.9	9.9	7.12
8	8.4	9.1	9.5	6.42
9	8.7	8.9	9.3	5.94
10	9.0	9.1	8.8	5.26
11	9.3	8.9	8.6	4.85
12	9.6	9.1	8.8	4.79
13	9.9	8.9	8.6	4.63
14	10.2	9.1	8.8	4.48
15	10.5	8.9	9.2	4.38
16	5.7	9.4	10.3	18.18
17	6.3	9.4	10.4	15.57
18	6.6	9.6	10.7	12.17
19	6.9	9.4	10.4	10.68
20	7.2	9.6	10.0	11.42
21	7.5	9.4	10.4	8.13
22	7.8	9.6	10.6	7.35
23	8.1	9.4	9.8	6.99
24	8.4	9.6	10.0	6.14
25	8.7	9.4	9.7	5.63
26	9.0	9.6	10.6	5.12
27	9.3	9.4	9.1	4.99

28	9.6	9.6	9.3	4.71
29	9.9	9.4	9.1	4.57
30	10.2	9.6	9.3	4.47
31	10.5	9.4	9.1	4.41
32	5.7	9.8	10.8	18.18
33	6.3	9.8	10.9	14.04
34	7.2	10.1	11.1	8.45
35	7.5	9.8	10.9	7.85
36	7.8	10.1	9.8	7.15
37	8.1	9.8	10.2	6.70
38	8.4	10.1	11.1	5.54
39	8.7	9.8	9.6	5.23
40	9.0	10.1	9.8	5.10
41	9.3	9.8	9.6	4.89
42	9.6	10.1	9.8	4.67
43	9.9	9.8	9.6	4.56
44	10.2	10.1	9.8	4.48
45	10.5	9.8	9.5	4.42
46	6.0	10.6	11.5	13.86
47	6.9	10.3	11.4	8.00
48	7.2	10.6	11.6	7.15
49	7.5	10.3	10.7	8.11
50	7.8	10.6	10.3	6.39
51	8.1	10.3	10.7	6.36
52	8.4	10.6	10.3	5.26
53	8.7	10.3	10.1	5.37
54	9.0	10.6	10.3	4.99
55	9.3	10.3	10.0	4.80
56	9.6	10.6	10.3	4.65
57	9.9	10.3	10.0	4.55
58	10.2	10.6	10.3	4.48
59	10.5	10.3	10.0	4.43
60	6.6	11.0	12.1	8.36
61	6.9	10.8	11.9	7.70
62	7.2	11.0	11.5	8.58
63	7.5	10.8	10.6	7.29
64	7.8	11.0	10.8	6.51
65	8.1	10.8	11.9	5.74
66	8.4	11.0	10.8	5.51
67	8.7	10.8	10.5	5.23
68	9.0	11.0	10.8	4.92
69	9.3	10.8	10.5	4.77
70	9.6	11.0	10.8	4.64
71	9.9	10.8	10.5	4.55
72	10.2	11.0	10.8	4.51
73	10.5	10.8	10.5	4.47
74	6.0	11.5	12.4	11.79
75	6.3	11.3	12.3	9.33
76	6.6	11.5	12.6	8.03
77	7.2	11.5	11.3	7.53
78	7.5	11.3	11.0	6.58
79	7.8	11.5	11.3	5.84
80	8.1	11.3	11.0	5.31
81	8.4	11.5	11.3	5.36
82	8.7	11.3	11.0	5.10
83	9.0	11.5	11.3	4.88
84	9.3	11.3	11.0	4.74

85	9.6	11.5	11.2	4.63
86	9.9	11.3	11.0	4.56
87	10.2	11.5	11.2	4.53
88	10.5	11.3	11.0	4.50
89	6.0	12.0	12.8	10.98
90	6.3	11.8	12.7	9.09
91	6.6	12.0	11.8	11.66
92	6.9	11.8	11.5	8.97
93	7.2	12.0	11.8	6.79
94	7.5	11.8	12.8	6.22
95	7.8	12.0	11.8	5.37
96	8.1	11.8	11.5	5.66
97	8.4	12.0	11.8	5.24
98	8.7	11.8	11.5	5.04
99	9.0	12.0	11.7	4.85
100	9.3	11.8	11.5	4.73
101	9.6	12.0	11.7	4.64
102	9.9	11.8	11.5	4.58
103	10.2	12.0	11.7	4.55
104	10.5	11.8	11.5	4.53
105	6.0	12.5	13.3	10.50
106	6.6	12.5	13.5	7.51
107	6.9	12.3	12.0	7.81
108	7.2	12.5	12.3	6.67
109	7.5	12.3	12.0	5.93
110	7.8	12.5	12.2	5.83
111	8.1	12.3	12.0	5.50
112	8.4	12.5	12.2	5.17
113	8.7	12.3	12.0	4.99
114	9.0	12.5	12.2	4.83
115	9.3	12.3	12.0	4.72
116	9.6	12.5	12.2	4.65
117	9.9	12.3	12.0	4.60
118	10.2	12.5	12.2	4.58
119	10.5	12.3	12.0	4.56
120	6.0	13.0	13.7	10.16
121	6.3	12.7	13.6	8.64
122	6.6	13.0	13.9	8.47
123	6.9	12.7	12.5	7.03
124	7.2	13.0	12.7	6.03
125	7.5	12.7	12.5	5.46
126	7.8	13.0	12.7	5.65
127	8.1	12.7	12.5	4.78
128	8.4	13.0	12.7	5.12
129	8.7	12.7	12.5	4.96
130	9.0	13.0	12.7	4.81
131	9.3	12.7	12.5	4.73
132	9.6	13.0	12.7	4.67
133	9.9	12.7	12.5	4.62
134	10.2	13.0	12.7	4.62
135	10.5	12.7	12.4	4.60
136	6.3	13.2	12.8	12.84
137	6.6	13.5	13.1	8.33
138	6.9	13.2	13.0	6.80
139	7.2	13.5	13.2	5.56
140	7.5	13.2	13.0	5.10
141	7.8	13.5	13.2	4.92

142	8.1	13.2	13.0	4.72
143	8.4	13.5	13.2	5.08
144	8.7	13.2	13.0	4.93
145	9.0	13.5	13.2	4.82
146	9.3	13.2	12.9	4.73
147	9.6	13.5	13.2	4.69
148	9.9	13.2	12.9	4.65
149	10.2	13.5	13.2	4.65
150	10.5	13.2	12.9	4.63
151	5.7	13.7	13.7	11.13
152	6.3	13.7	13.3	10.64
153	6.9	13.7	13.4	6.36
154	7.5	13.7	13.5	5.16
155	8.1	13.7	13.4	4.67
156	8.7	13.7	13.4	4.92
157	9.3	13.7	13.4	4.75
158	9.9	13.7	13.4	4.68
159	10.5	13.7	13.4	4.68

AG04



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

==========

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	3.53 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.6 m
Ordinata vertice destro superiore ys	5.9 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.88	3.72
4	16.74	3.72

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.8	1.56
4	16.74	1.56

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.8	1.56
4	16.74	1.56

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		

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

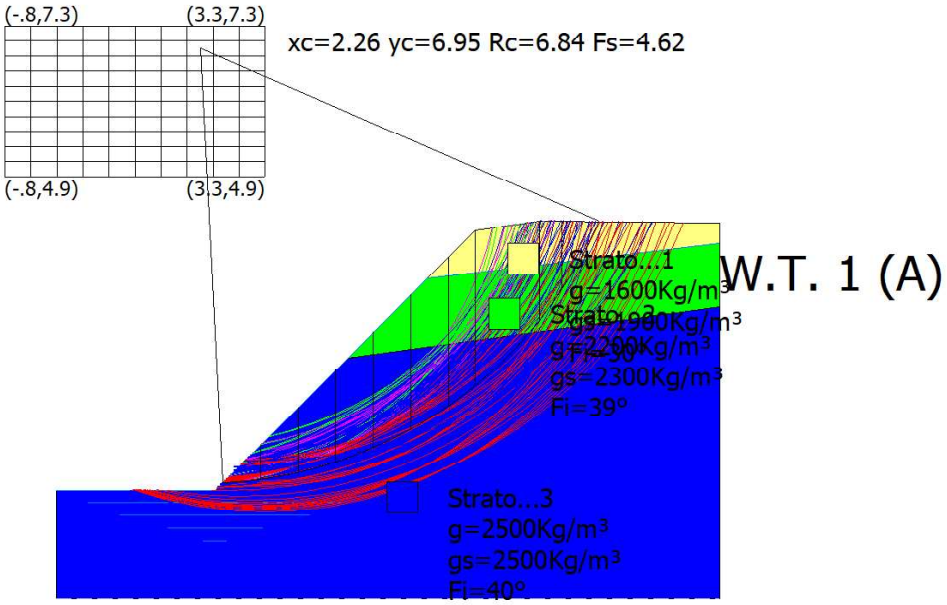
Fs minimo individuato	7.72
Ascissa centro superficie	7.6 m
Ordinata centro superficie	5.9 m
Raggio superficie	7.06 m

Numero di superfici esaminate....(60)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	7.0	3.7	4.8	18.18
2	7.4	3.7	4.8	12.52
3	7.0	3.9	5.0	18.18
4	7.2	3.8	4.9	15.30
5	7.4	3.9	5.0	11.39
6	7.6	3.8	4.9	10.28
7	6.8	4.0	5.2	18.18
8	7.0	4.1	5.3	15.23
9	7.2	4.0	5.2	12.83
10	7.4	4.1	5.3	10.65
11	7.6	4.0	5.2	9.62
12	6.8	4.2	5.4	18.18
13	7.0	4.4	5.5	13.50
14	7.2	4.2	5.4	11.89
15	7.4	4.4	5.5	9.83
16	7.6	4.2	5.4	8.84
17	6.6	4.6	5.8	18.18
18	6.8	4.5	5.6	15.68
19	7.0	4.6	5.8	12.46
20	7.2	4.5	5.6	11.08
21	7.4	4.6	5.8	9.09
22	7.6	4.5	5.6	8.30
23	6.6	4.8	6.0	16.76
24	6.8	4.7	5.9	14.27
25	7.0	4.8	6.0	11.48
26	7.2	4.7	5.9	10.13
27	7.4	4.8	6.0	8.61

28	7.6	4.7	5.9	8.61
29	6.6	5.1	6.2	15.16
30	6.8	5.0	6.1	13.11
31	7.0	5.1	6.2	10.51
32	7.2	5.0	6.1	9.40
33	7.4	5.1	6.2	9.03
34	7.6	5.0	6.1	8.36
35	6.4	5.2	6.3	18.05
36	6.6	5.3	6.5	13.87
37	6.8	5.2	6.3	11.97
38	7.0	5.3	6.5	9.77
39	7.2	5.2	6.3	9.71
40	7.4	5.3	6.5	8.76
41	7.6	5.2	6.3	8.15
42	6.4	5.4	6.6	16.21
43	6.6	5.5	6.7	12.56
44	6.8	5.4	6.6	10.97
45	7.0	5.5	6.7	10.12
46	7.2	5.4	6.6	9.51
47	7.4	5.5	6.7	8.53
48	7.6	5.4	6.6	7.98
49	6.2	5.8	6.9	17.46
50	6.4	5.7	6.8	14.75
51	6.6	5.8	6.9	11.52
52	6.8	5.7	6.8	10.21
53	7.0	5.8	6.9	9.94
54	7.2	5.7	6.8	9.21
55	7.4	5.8	6.9	8.34
56	7.6	5.7	6.8	7.84
57	6.4	5.9	7.1	13.27
58	6.8	5.9	7.1	10.57
59	7.2	5.9	7.1	8.96
60	7.6	5.9	7.1	7.72

SEZIONE STRADALE 15



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

==========

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0.81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4.94 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3.29 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7.3 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	6.59	4.09
4	7.6	4.24
5	10.43	4.21

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	5.83	3.33
4	10.43	3.88

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	5.83	3.33
4	10.43	3.88

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0

2	2.5	0.0
3	4.59	2.09
4	10.43	2.88

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

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

Fs minimo individuato	4.62
Ascissa centro superficie	2.26 m
Ordinata centro superficie	6.95 m
Raggio superficie	6.84 m

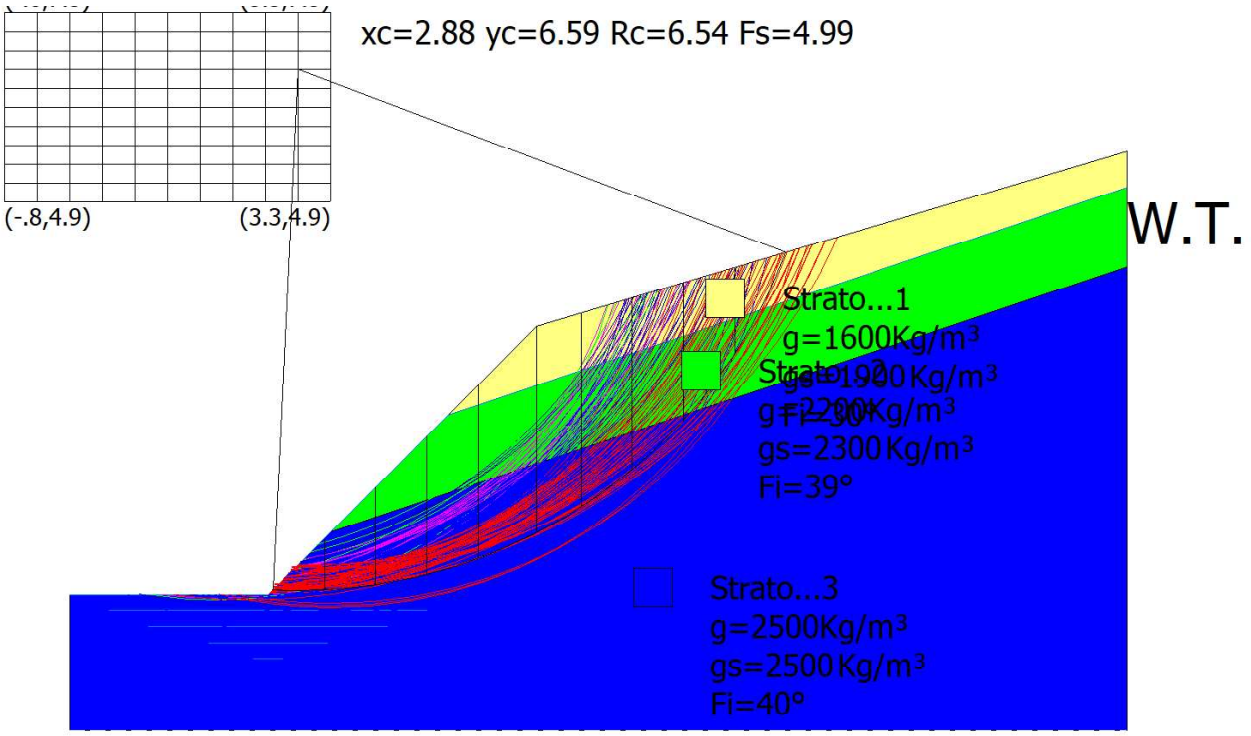
Numero di superfici esaminate....(90)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2.1	4.9	4.9	6.45
2	2.5	4.9	4.5	6.84
3	2.7	5.1	5.2	5.57
4	2.9	4.9	5.2	5.38
5	3.1	5.1	5.4	5.21
6	3.3	4.9	4.9	5.08
7	1.9	5.3	5.1	5.89
8	2.1	5.2	5.1	6.25
9	2.3	5.3	5.3	5.59
10	2.5	5.2	4.8	6.63
11	2.7	5.3	4.9	5.94
12	2.9	5.2	5.4	5.32
13	3.1	5.3	5.6	5.17
14	3.3	5.2	5.1	5.07
15	1.9	5.5	5.4	5.66
16	2.1	5.4	5.3	6.06
17	2.3	5.5	5.5	5.52

18	2.5	5.4	5.0	5.47
19	2.7	5.5	5.2	5.01
20	2.9	5.4	5.6	5.28
21	3.1	5.5	5.8	5.16
22	3.3	5.4	5.3	5.06
23	1.9	5.8	5.6	6.52
24	2.1	5.6	5.5	5.06
25	2.3	5.8	5.7	5.44
26	2.5	5.6	5.2	5.41
27	2.7	5.8	5.4	4.98
28	2.9	5.6	5.3	5.49
29	3.1	5.8	6.0	5.15
30	3.3	5.6	5.5	5.08
31	1.9	6.0	5.8	5.43
32	2.1	5.9	5.8	5.00
33	2.3	6.0	5.5	5.85
34	2.5	5.9	5.4	5.35
35	2.7	6.0	5.6	4.98
36	2.9	5.9	5.6	5.47
37	3.1	6.0	6.2	5.14
38	3.3	5.9	6.2	5.08
39	1.9	6.2	6.0	5.33
40	2.1	6.1	6.0	4.94
41	2.3	6.2	6.2	5.35
42	2.5	6.1	5.6	5.30
43	2.7	6.2	5.8	4.97
44	2.9	6.1	6.3	5.21
45	3.1	6.2	6.5	5.13
46	3.3	6.1	6.4	5.08
47	1.4	6.5	6.2	6.17
48	1.6	6.4	6.1	5.83
49	2.1	6.4	5.8	6.37
50	2.3	6.5	6.4	5.31
51	2.5	6.4	5.9	5.28
52	2.7	6.5	6.0	5.71
53	2.9	6.4	6.0	5.45
54	3.1	6.5	6.7	5.13
55	3.3	6.4	6.6	5.09
56	1.9	6.7	6.1	6.99
57	2.1	6.6	6.4	4.87
58	2.3	6.7	6.6	5.27
59	2.5	6.6	6.1	5.26
60	2.7	6.7	6.3	4.98
61	2.9	6.6	6.2	5.48
62	3.1	6.7	6.4	5.33
63	3.3	6.6	6.9	5.11
64	1.4	6.9	6.7	6.10
65	1.6	6.8	6.6	5.58
66	1.9	6.9	6.3	6.78
67	2.1	6.8	6.7	4.79
68	2.3	6.9	6.8	4.62
69	2.5	6.8	6.8	5.07
70	2.7	6.9	6.5	5.01
71	2.9	6.8	6.9	5.16
72	3.1	6.9	7.1	5.15
73	3.3	6.8	7.1	5.13
74	1.2	7.1	6.7	6.80

75	1.4	7.2	6.9	5.94
76	1.6	7.1	6.8	5.47
77	1.9	7.2	6.5	6.59
78	2.1	7.1	6.4	6.00
79	2.3	7.2	7.1	4.63
80	2.5	7.1	7.0	5.09
81	2.7	7.2	7.2	4.99
82	2.9	7.1	6.7	4.87
83	3.1	7.2	6.8	5.37
84	3.3	7.1	6.7	5.36
85	1.2	7.3	7.0	6.56
86	1.6	7.3	7.0	5.40
87	2.1	7.3	7.1	4.81
88	2.5	7.3	6.8	5.24
89	2.9	7.3	6.9	4.89
90	3.3	7.3	6.8	5.53

SEZIONE STRADALE 21



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0.81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4.94 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3.29 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7.3 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	5.87	3.37
4	13.29	5.57

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	4.76	2.26
4	13.29	5.12

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	4.76	2.26
4	13.29	5.12

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	3.28	0.78

4	13.29	4.12

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

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

Fs minimo individuato	4.99
Ascissa centro superficie	2.88 m
Ordinata centro superficie	6.59 m
Raggio superficie	6.54 m

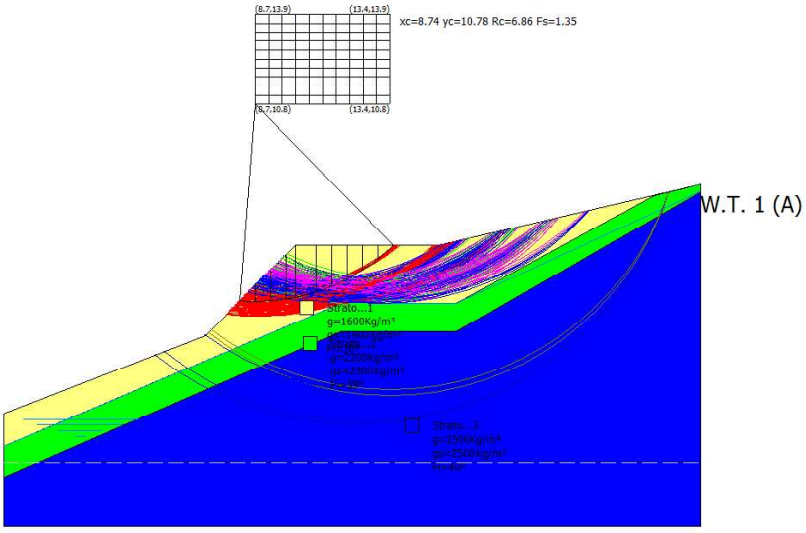
Numero di superfici esaminate....(99)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	1.9	5.1	5.1	7.25
2	2.1	4.9	5.1	7.83
3	2.3	5.1	5.0	5.77
4	2.5	4.9	4.9	5.36
5	2.7	5.1	4.8	5.81
6	2.9	4.9	4.7	5.46
7	3.1	5.1	5.6	5.81
8	3.3	4.9	5.2	5.72
9	2.1	5.2	5.0	6.32
10	2.3	5.3	5.2	5.73
11	2.5	5.2	5.1	5.35
12	2.7	5.3	5.0	5.80
13	2.9	5.2	4.9	5.49
14	3.1	5.3	5.4	5.80
15	3.3	5.2	5.4	5.68
16	1.6	5.4	5.4	6.47
17	1.9	5.5	5.6	6.86
18	2.1	5.4	5.2	6.24
19	2.3	5.5	5.4	5.70

20	2.5	5.4	5.3	5.34
21	2.7	5.5	5.5	5.09
22	2.9	5.4	5.1	5.51
23	3.1	5.5	5.3	5.29
24	3.3	5.4	5.6	5.65
25	1.9	5.8	5.5	6.76
26	2.1	5.6	5.5	6.16
27	2.3	5.8	5.6	5.67
28	2.5	5.6	5.6	5.35
29	2.7	5.8	5.7	5.10
30	2.9	5.6	5.3	5.53
31	3.1	5.8	5.5	5.31
32	3.3	5.6	5.8	5.61
33	1.4	6.0	5.9	6.86
34	1.9	6.0	5.8	6.64
35	2.1	5.9	5.7	6.10
36	2.3	6.0	5.8	5.66
37	2.5	5.9	5.8	5.35
38	2.7	6.0	5.9	5.11
39	2.9	5.9	5.6	5.54
40	3.1	6.0	5.7	5.35
41	3.3	5.9	6.0	5.58
42	1.4	6.2	6.2	6.70
43	1.6	6.1	6.1	6.11
44	1.9	6.2	6.0	6.54
45	2.1	6.1	5.9	6.04
46	2.3	6.2	6.1	5.65
47	2.5	6.1	6.0	5.36
48	2.7	6.2	6.2	5.12
49	2.9	6.1	5.8	5.56
50	3.1	6.2	5.9	5.37
51	3.3	6.1	6.2	5.54
52	1.2	6.4	6.2	7.47
53	1.6	6.4	6.3	6.02
54	1.9	6.5	6.2	6.46
55	2.1	6.4	6.1	6.01
56	2.3	6.5	6.3	5.63
57	2.5	6.4	6.2	5.36
58	2.7	6.5	6.4	5.14
59	2.9	6.4	6.0	5.58
60	3.1	6.5	6.1	5.40
61	3.3	6.4	6.1	5.23
62	1.4	6.7	6.4	7.80
63	1.6	6.6	6.3	7.04
64	1.9	6.7	6.4	6.40
65	2.1	6.6	6.6	5.94
66	2.3	6.7	6.5	5.62
67	2.5	6.6	6.4	5.36
68	2.7	6.7	6.6	5.16
69	2.9	6.6	6.5	4.99
70	3.1	6.7	6.4	5.42
71	3.3	6.6	6.3	5.26
72	1.0	6.9	6.8	7.84
73	1.4	6.9	6.6	7.60
74	1.6	6.8	6.8	5.90
75	1.9	6.9	6.7	6.34
76	2.1	6.8	6.6	5.95

77	2.3	6.9	6.7	5.61
78	2.5	6.8	6.7	5.37
79	2.7	6.9	6.8	5.17
80	2.9	6.8	6.8	5.00
81	3.1	6.9	6.6	5.45
82	3.3	6.8	6.5	5.28
83	1.0	7.2	7.0	7.59
84	1.4	7.2	6.8	7.43
85	1.6	7.1	7.0	5.85
86	1.9	7.2	7.2	5.49
87	2.1	7.1	7.1	5.79
88	2.3	7.2	7.2	5.59
89	2.5	7.1	6.9	5.37
90	2.7	7.2	7.0	5.19
91	2.9	7.1	7.0	5.02
92	3.1	7.2	6.8	5.47
93	3.3	7.1	6.7	5.31
94	1.2	7.3	6.9	7.17
95	1.6	7.3	7.0	6.74
96	2.1	7.3	7.0	5.89
97	2.5	7.3	7.1	5.38
98	2.9	7.3	7.2	5.04
99	3.3	7.3	7.0	5.34

SEZIONE STRADALE 31



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.638335/8.90534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	8.74 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10.78 m
Ascissa vertice destro superiore xs	13.43 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.92 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

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: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.25	2.48	0.19
S.L.D.	50.0	0.32	2.5	0.21
S.L.V.	475.0	0.89	2.44	0.27
S.L.C.	975.0	1.19	2.45	0.28

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.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.D.	0.384	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	1.068	0.2	0.0218	0.0109
S.L.C.	1.428	0.24	0.035	0.0175

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.006
Coefficiente azione sismica verticale 0.003

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	6.99	2.73
3	10.14	5.88
4	15.14	5.88
5	24.24	7.99

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.13
2	2.66	0.0
3	11.71	3.86
4	15.74	3.86
5	20.09	5.86
6	24.24	7.76

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.13
2	11.71	3.86
3	15.74	3.86
4	22.64	7.62
5	24.24	7.99

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)

1	0.0	-2.21
2	11.71	2.86
3	15.74	2.86
4	24.24	7.72

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

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		30	1600	1900		
2	0.8		39	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

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

Fs minimo individuato	1.35
Ascissa centro superficie	8.74 m
Ordinata centro superficie	10.78 m
Raggio superficie	6.86 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	8.7	10.8	6.9	1.35
2	9.0	10.9	6.9	1.46
3	9.2	10.8	6.6	1.56
4	9.4	10.9	6.6	1.71
5	9.7	10.8	6.4	1.85
6	9.9	10.9	7.3	1.94
7	10.1	10.8	7.1	2.09
8	10.4	10.9	7.1	2.32
9	10.6	10.8	6.9	2.54
10	10.8	10.9	6.9	2.82
11	11.1	10.8	6.7	3.15
12	11.3	10.9	6.7	3.60
13	11.6	10.8	6.5	4.17
14	11.8	10.9	6.5	5.02
15	12.0	10.8	6.3	6.00
16	12.3	10.9	11.3	6.60

17	12.5	10.8	11.1	6.48
18	12.7	10.9	6.8	5.07
19	13.0	10.8	6.5	5.81
20	13.2	10.9	6.4	7.05
21	13.4	10.8	10.2	7.44
22	8.7	11.1	7.1	1.38
23	9.0	11.3	7.1	1.49
24	9.2	11.1	6.9	1.59
25	9.4	11.3	7.8	1.70
26	9.7	11.1	7.5	1.81
27	9.9	11.3	7.6	1.97
28	10.1	11.1	7.3	2.12
29	10.4	11.3	7.4	2.35
30	10.6	11.1	7.1	2.56
31	10.8	11.3	7.2	2.85
32	11.1	11.1	6.9	3.18
33	11.3	11.3	7.0	3.64
34	11.6	11.1	6.7	4.20
35	11.8	11.3	6.7	5.16
36	12.0	11.1	6.5	6.52
37	12.3	11.3	7.4	3.97
38	12.5	11.1	7.1	4.47
39	12.7	11.3	7.0	5.32
40	13.0	11.1	6.7	6.14
41	13.2	11.3	10.5	7.27
42	13.4	11.1	10.3	7.58
43	8.7	11.4	7.4	1.41
44	9.0	11.6	7.4	1.53
45	9.2	11.4	7.1	1.63
46	9.4	11.6	8.0	1.73
47	9.7	11.4	7.8	1.84
48	9.9	11.6	7.8	1.99
49	10.1	11.4	7.6	2.15
50	10.4	11.6	7.6	2.38
51	10.6	11.4	7.4	2.59
52	10.8	11.6	7.4	2.88
53	11.1	11.4	7.2	3.21
54	11.3	11.6	7.2	3.68
55	11.6	11.4	7.0	4.31
56	11.8	11.6	6.9	5.62
57	12.0	11.4	6.6	7.35
58	12.3	11.6	7.5	4.12
59	12.5	11.4	7.2	4.66
60	12.7	11.6	7.1	5.67
61	13.0	11.4	6.9	6.59
62	13.2	11.6	7.7	4.24
63	13.4	11.4	7.4	4.60
64	8.7	11.7	7.6	1.44
65	9.0	11.9	8.5	1.55
66	9.2	11.7	8.2	1.63
67	9.4	11.9	8.3	1.75
68	9.7	11.7	8.0	1.86
69	9.9	11.9	8.1	2.02
70	10.1	11.7	7.8	2.18
71	10.4	11.9	7.9	2.40
72	10.6	11.7	7.6	2.62
73	10.8	11.9	7.7	2.92

74	11.1	11.7	7.4	3.25
75	11.3	11.9	7.4	3.79
76	11.6	11.7	7.2	4.57
77	11.8	11.9	8.1	5.39
78	12.0	11.7	7.8	3.68
79	12.3	11.9	7.7	4.30
80	12.5	11.7	7.4	4.91
81	12.7	11.9	7.3	6.14
82	13.0	11.7	7.0	7.23
83	13.2	11.9	7.9	4.34
84	13.4	11.7	7.6	4.70
85	8.7	12.0	7.9	1.47
86	9.0	12.2	8.7	1.57
87	9.2	12.0	8.5	1.66
88	9.4	12.2	8.5	1.78
89	9.7	12.0	8.3	1.89
90	9.9	12.2	8.3	2.06
91	10.1	12.0	8.1	2.23
92	10.4	12.2	8.1	2.44
93	10.6	12.0	7.9	2.65
94	10.8	12.2	7.9	2.96
95	11.1	12.0	7.7	3.30
96	11.3	12.2	7.6	4.11
97	11.6	12.0	7.3	4.96
98	11.8	12.2	8.2	3.39
99	12.0	12.0	7.9	3.83
100	12.3	12.2	7.8	4.55
101	12.5	12.0	7.6	5.25
102	12.7	12.2	7.4	6.82
103	13.0	12.0	8.1	3.99
104	13.2	12.2	8.0	4.46
105	13.4	12.0	7.7	4.82
106	8.7	12.3	9.0	1.50
107	9.0	12.5	9.0	1.60
108	9.2	12.3	8.8	1.68
109	9.4	12.5	8.8	1.81
110	9.7	12.3	8.6	1.92
111	9.9	12.5	8.6	2.09
112	10.1	12.3	8.4	2.26
113	10.4	12.5	8.4	2.47
114	10.6	12.3	8.2	2.69
115	10.8	12.5	8.2	3.04
116	11.1	12.3	7.9	3.46
117	11.3	12.5	7.8	4.45
118	11.6	12.3	8.5	5.13
119	11.8	12.5	8.4	3.58
120	12.0	12.3	8.1	4.01
121	12.3	12.5	8.0	4.88
122	12.5	12.3	7.7	5.72
123	12.7	12.5	8.6	3.77
124	13.0	12.3	8.3	4.10
125	13.2	12.5	8.2	4.61
126	13.4	12.3	7.9	4.98
127	8.7	12.7	9.2	1.52
128	9.0	12.8	9.2	1.62
129	9.2	12.7	9.0	1.71
130	9.4	12.8	9.0	1.83

131	9.7	12.7	8.8	1.95
132	9.9	12.8	8.9	2.13
133	10.1	12.7	8.6	2.29
134	10.4	12.8	8.7	2.51
135	10.6	12.7	8.4	2.73
136	10.8	12.8	8.3	3.20
137	11.1	12.7	8.1	3.69
138	11.3	12.8	8.9	2.89
139	11.6	12.7	8.7	3.18
140	11.8	12.8	8.6	3.75
141	12.0	12.7	8.3	4.25
142	12.3	12.8	8.2	5.34
143	12.5	12.7	8.8	5.65
144	12.7	12.8	8.7	3.89
145	13.0	12.7	8.4	4.23
146	13.2	12.8	8.3	4.80
147	13.4	12.7	8.1	5.18
148	8.7	13.0	9.5	1.54
149	9.0	13.1	9.5	1.64
150	9.2	13.0	9.3	1.73
151	9.4	13.1	9.3	1.86
152	9.7	13.0	9.1	1.98
153	9.9	13.1	9.1	2.17
154	10.1	13.0	8.9	2.32
155	10.4	13.1	8.9	2.56
156	10.6	13.0	8.6	2.84
157	10.8	13.1	8.5	3.39
158	11.1	13.0	8.2	3.96
159	11.3	13.1	9.1	3.00
160	11.6	13.0	8.8	3.32
161	11.8	13.1	8.7	3.98
162	12.0	13.0	8.4	4.56
163	12.3	13.1	9.3	5.43
164	12.5	13.0	9.0	3.58
165	12.7	13.1	8.9	4.03
166	13.0	13.0	8.6	4.40
167	13.2	13.1	8.5	5.05
168	13.4	13.0	8.2	5.42
169	8.7	13.3	9.7	1.57
170	9.0	13.4	9.8	1.67
171	9.2	13.3	9.5	1.76
172	9.4	13.4	9.6	1.89
173	9.7	13.3	9.3	2.02
174	9.9	13.4	9.4	2.20
175	10.1	13.3	9.1	2.36
176	10.4	13.4	9.1	2.67
177	10.6	13.3	8.8	2.98
178	10.8	13.4	9.7	2.54
179	11.1	13.3	9.4	2.75
180	11.3	13.4	9.3	3.14
181	11.6	13.3	9.0	3.54
182	11.8	13.4	8.9	4.28
183	12.0	13.3	8.6	5.00
184	12.3	13.4	9.4	3.40
185	12.5	13.3	9.2	3.69
186	12.7	13.4	9.1	4.21
187	13.0	13.3	8.8	4.62

188	13.2	13.4	9.6	3.50
189	13.4	13.3	9.3	3.71
190	8.7	13.6	10.0	1.59
191	9.0	13.8	10.0	1.70
192	9.2	13.6	9.8	1.79
193	9.4	13.8	9.8	1.93
194	9.7	13.6	9.6	2.05
195	9.9	13.8	9.6	2.24
196	10.1	13.6	9.3	2.43
197	10.4	13.8	9.2	2.78
198	10.6	13.6	9.0	3.12
199	10.8	13.8	9.8	2.62
200	11.1	13.6	9.6	2.85
201	11.3	13.8	9.4	3.30
202	11.6	13.6	9.2	3.75
203	11.8	13.8	9.1	4.64
204	12.0	13.6	9.7	3.15
205	12.3	13.8	9.6	3.52
206	12.5	13.6	9.3	3.84
207	12.7	13.8	9.2	4.43
208	13.0	13.6	8.9	4.89
209	13.2	13.8	9.7	3.56
210	13.4	13.6	9.5	3.77
211	8.7	13.9	10.3	1.62
212	9.2	13.9	10.1	1.82
213	9.7	13.9	9.9	2.10
214	10.1	13.9	9.5	2.52
215	10.6	13.9	10.1	2.43
216	11.1	13.9	9.7	2.97
217	11.6	13.9	9.3	4.00
218	12.0	13.9	9.9	3.24
219	12.5	13.9	9.5	4.02
220	13.0	13.9	10.0	3.35
221	13.4	13.9	9.6	3.85