Firmato digitalmente da
Giuseppe Galliano
CN = Galliano Giuseppe
O = Ordine Geologi del Piemonte/97543340018
C = IT

Firmato digitalmente da
Alle
ANDREA CANDELA
O = non presente
C = IT

ICAZIONE DELL'IMPIANTISTICA DELLA STI SCIISTICA DI ARTESINA

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO

COMUNE DI FRABOSA SOTTANA

Firmato digitalmente da
Giovanni Gaiotti
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo/80019740044
C = IT

PROGETTO DEFINITIVO
SEGGIOVIA BIPOSTO AD AMMORSAMENTO PERMANENTE "ROCCHE GIARDINA (1575,15-1925,35)"

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
(DI CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI)

Revisone	Elaborato	Approvato
1.0	*marzo 2015*	*31 marzo 2015*
2.0		
3.0		
Firma		

Codice elaborato A013004rTCL1.0

Ultima modifica:

ENTE APPALTANTE
COMUNE DI FRABOSA SOTTANA

Elaborato predisposto da:

Dott. geol. Giuseppe Galliano

Firma

ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE
GIUSEPPE GALLIANO GEOLOGO
A.P. SEZ. A N. 103
ALBO PROFESSIONALE

Responsabile del Procedimento
Geom. Andrea Candela

Coordinatore del Progetto

SOMMARIO

- PREMESSA 3

1.0 - INQUADRAMENTO GENERALE 5

2.0 – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI 9

3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI 12
3.1 - Contesto geologico generale 12
3.2 - Caratterizzazione geologica dell'area indagata 13

4.0 - MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA INDAGATA 15

5.0 - MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO 16

6.0 - PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO 18
6.1.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI 18
6.1.1 – Sabbie limose, da sciolte a poco addensate (unità litologica I) 18
6.1.2 – Limi sabbiosi ghiaiosi, moderatamente addensati (unità litologica II) 19
6.1.3 – Ghiaie sabbiose limose ciottolose da moderatamente addensate a molto addensate (unità litologica III) 19

7.0 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI 20
7.1 – Definizione della classe sismica 21
7.2 – Cenni teorici metodologia MASW 22
7.3 – Cenni teorici sulle indagini geosismiche a rifrazione 23
7.4 – Elaborazione dati 26
7.5 - Profilo di velocità e valutazione del parametro vs30 26
7.6 - Considerazioni conclusive 27

8.0 – VINCOLI PUBBLICISTICI 31
8.1 - Paesaggistici e culturali 31
8.2 - Idraulici 31
8.3 – Idrogeologici 31

9.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 32
9.1 – TIPOLOGIA DI INTERVENTO 32
9.2 – INDICAZIONI STRATIGRAFICHE 32
9.3 – LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO RISPETTO AI LIMITI DI PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA 32
9.4 - CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA ED EVENTUALE INTERFERENZA CON LA ZONA D'INTERVENTO 33
9.5 - CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE 34
9.6 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI 34
9.7 – OPERE DI FONDAZIONE 34
9.8 – STABILITÀ DEI PENDII 34
LAVORI DI SCAVO CONTENUTI DEL DPR n°164/56 (al capo III): 35

APPENDICE A - RISULTATI VERIFICHE DI STABILITÀ 36

- PREMESSA

L'incarico conferito allo scrivente prevede la caratterizzazione geologica, geomorfologica e sismica di caratterizzazione dei terreni, in merito al Progetto Definitivo dei lavori di costruzione della nuova seggiovia biposto ad ammorsamento permanente "Rocche Giardina", la cui costruzione è prevista in loc. Artesina nel Comune di Frabosa Sottana.

La stazione di valle del nuovo impianto sarà realizzata a nord della stazione di partenza dell'attuale sciovia Rocche Giardina, oltre la vallecola presente.

È prevista una sistemazione dell'area circostante la stazione di valle, in modo tale da consentire una razionalizzazione degli accessi sia all'impianto in progetto sia alle piste di discesa presenti.

Tale sistemazione sarà ottenuta mediante un rimodellamento per ottenere un adeguato spazio pianeggiante.

Il nuovo impianto sarà realizzato in sostituzione dell'attuale sciovia, consentendo un miglioramento sostanziale sia dell'accessibilità delle piste di discesa sia del collegamento con Prato Nevoso.

Gli interventi previsti comprenderanno:

- *stazione di monte, di rinvio fissa, che sarà ubicata in un'area a debole acclività attigua alle piste di discesa esistenti;*
- *stazione di valle, di tipo motrice e tenditrice con tensionamento idraulico, che verrà ubicata a nord dell'attuale stazione di partenza della sciovia "Rocche Giardina" oltre la vallecola presente;*
- *n° 14 sostegni di linea, del tipo a fusto centrale, rastremati a partire dalla base di cui n.9 con rulliere di appoggio, n.3 con rulliere di ritenuta e n. 2 con rulliere di doppio effetto;*
- *due prefabbricati in prossimità delle stazioni a monte e a valle, per il personale addetto all'impianto e per l'ubicazione delle apparecchiature elettriche di comando dell'impianto.*
- *La nuova seggiovia biposto usufruirà della tecnologia consolidata del collegamento permanente, consentendo il trasporto massimo teorico di 1.200 p/h alla velocità massima per sciatori 2,80 m/sec.*
- *L'impianto da realizzare comprende la linea e le opere infrastrutturali alla partenza e all'arrivo.*

La presente relazione viene predisposta tenendo conto:

1. *dei dati rilevati nel corso dei sopralluoghi, che hanno consentito un'adeguata descrizione dello stato di fatto dei luoghi, nonché la caratterizzazione a livello qualitativo dei terreni presenti, interessati direttamente dalle strutture a progetto;*
2. *della consultazione della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte per i tematismi riguardanti i processi di versante e quelli relativi alla dinamica fluvio - torrentizia;*
3. *della consultazione della cartografia del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico);*
4. *della consultazione della cartografia dei dissesti Progetto IFFI;*
5. *della consultazione degli allegati geologici al P.R.G. del Comune di Frabosa Sottana.*

La stesura dell'elaborato ottempera alle norme di legge vigenti ed in particolare:

⇨ *L.R. 5 dicembre 1977, n. 56 e s.m.i., "Legge urbanistica regionale";*

⇨ *L.R. del 14 dicembre 1989, n. 74 "Disciplina degli impianti funiviari in servizio pubblico per il trasporto di persone";*

⇨ *Decreto del Presidente della Giunta Regionale 29novembre2004, n. 13/R Regolamento regionale relativo alle procedure per l'approvazione dei progetti per la realizzazione di nuovi impianti a fune e per l'ammodernamento di impianti esistenti da parte delle comunità montane (art.96, comma 1,lettera o) della l.r. 44/2000). Abrogazione del regolamento regionale 19 maggio 2003, n.7/R.;*

⇨ *L.R. N° 45/89 «Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici»;*

⇨ *Circolare del Presidente della Giunta regionale 3 aprile 2012, n. 4/AMD Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 (Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici). Note interpretative e indicazioni procedurali;*

⇨ *D.M. 14/01/2008 «Nuove norme tecniche per le costruzioni» e O.P.C.M. n°3431/2005;*

⇨ *Circolare PGR n°11/PRE dell'8 maggio 1990 "Circolare esplicativa sugli adempimenti in ordine all'applicazione del D.M. 11 marzo 1998 …";*

⇨ *D.P.C.M. 24/05/2001 "Approvazione del "Piano Stralcio per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico. (Legge 183/89, art. 17 comma 6-ter)" adottato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione del Comitato Istituzionale 26/04/2001 n. 18.*

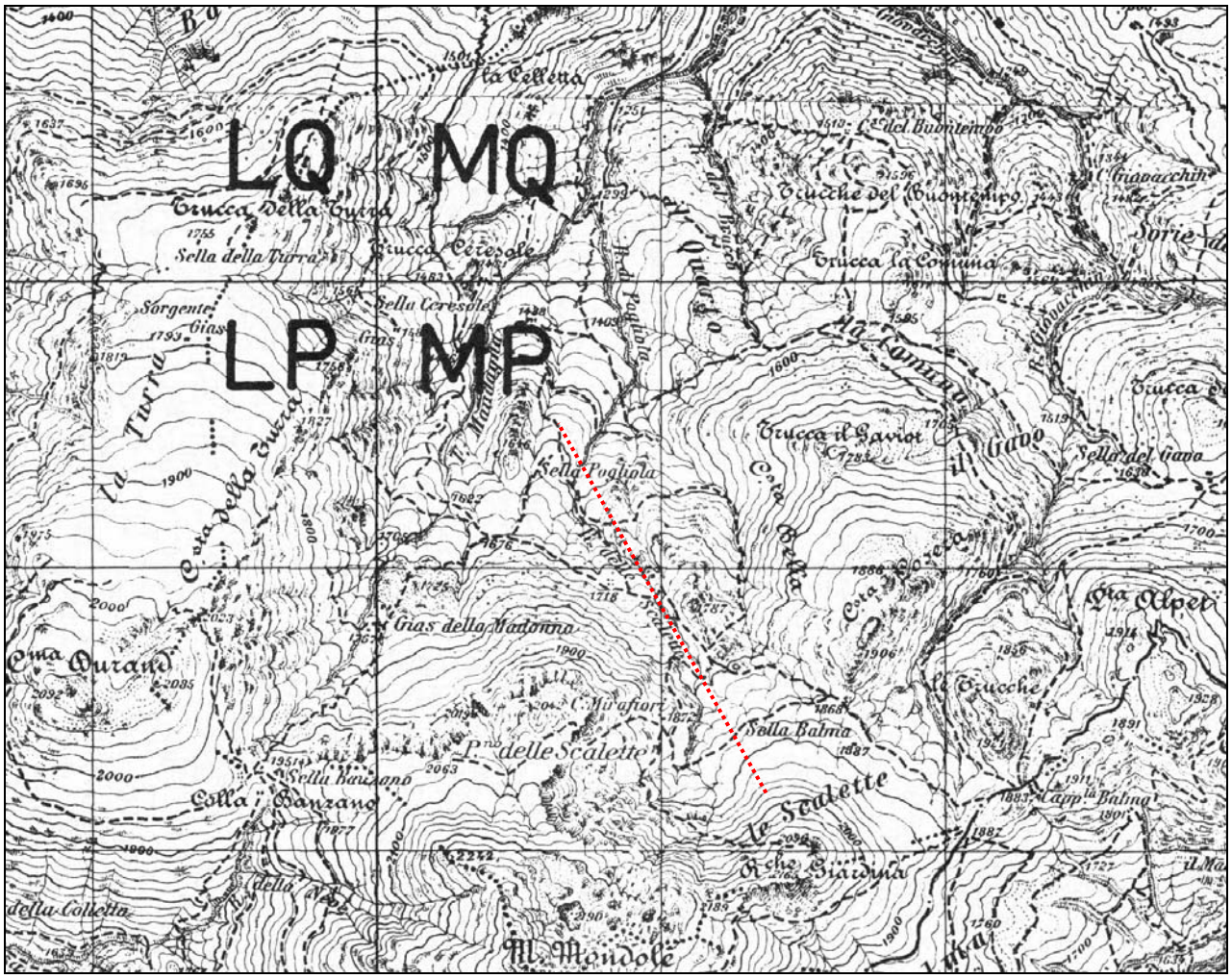
1.0 - INQUADRAMENTO GENERALE

Il settore in esame è localizzato nella parte meridionale del territorio comunale di Frabosa Sottana, in località Artesina.

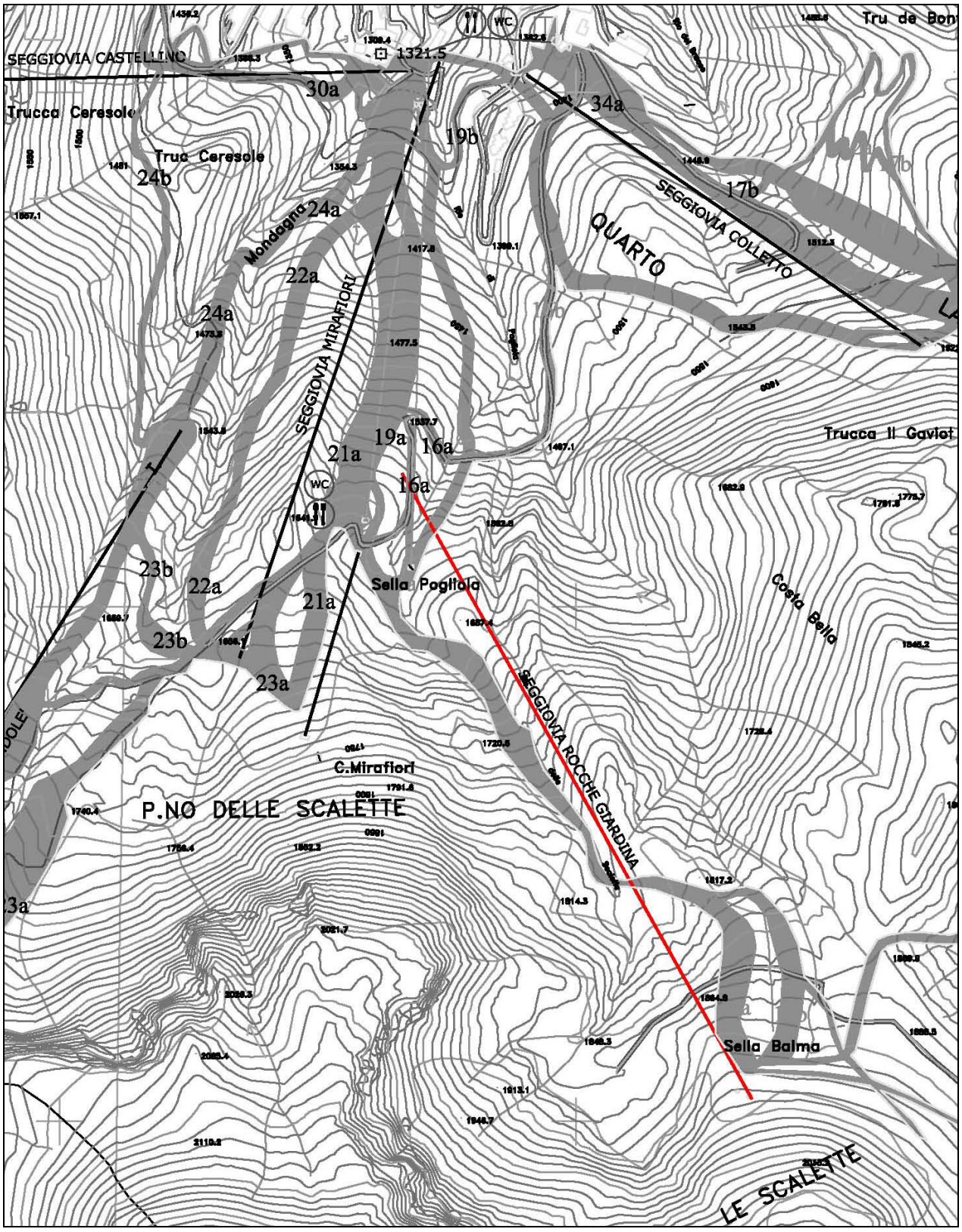
Più in dettaglio, la seggiovia a progetto sarà realizzata lungo il versante fisicamente compreso tra gli alvei del torrente Maudagna ad ovest ed il rio Pogliola ad est. La stazione di partenza sarà ubicata in prossimità della stazione della sciovia esistente.

Le notizie di carattere topografico relative al sito in esame sono contenute:

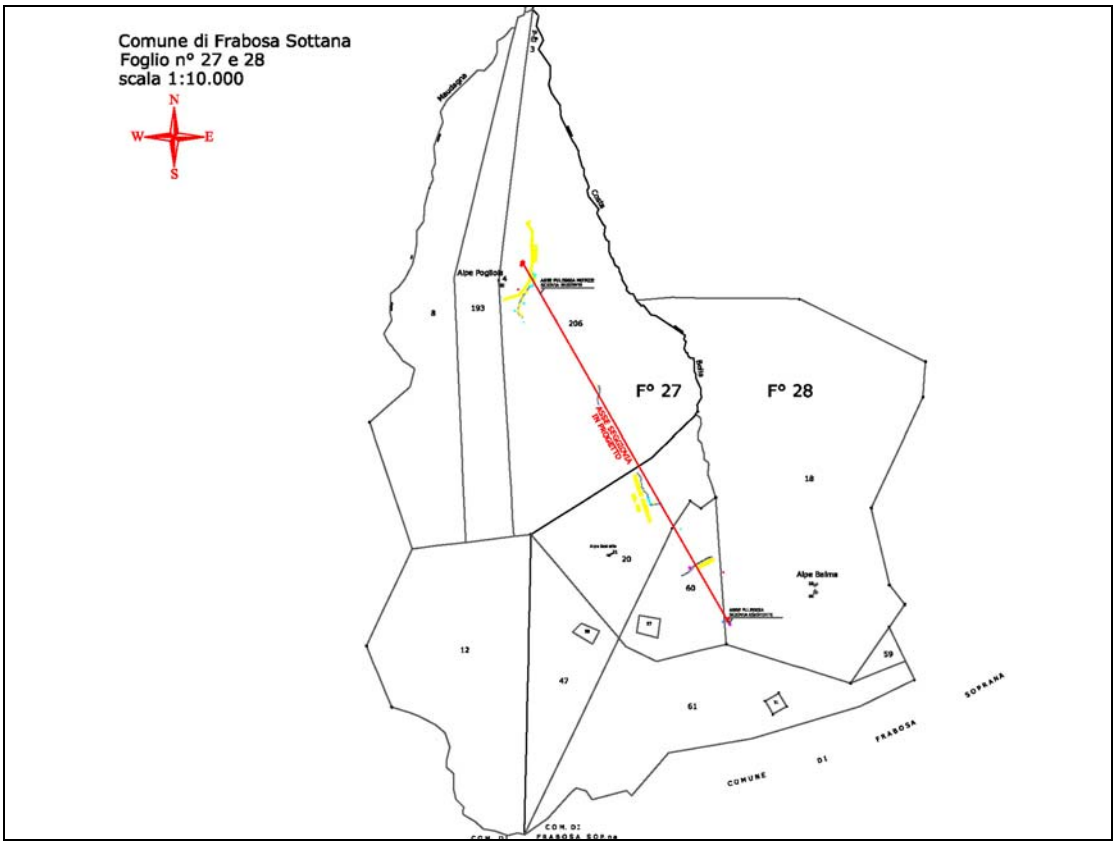
- *nella tavoletta "MONGIOIE" dell'IGM alla scala 1:25.000 , I SO , compresa nel Foglio 91 BOVES alla scala 1:100.000 (elaborato cartografico non in scala).*



- *nella sezione 227140 foglio "MONTE FANTINO" della Carta Tecnica Regionale (stralcio non in scala).*

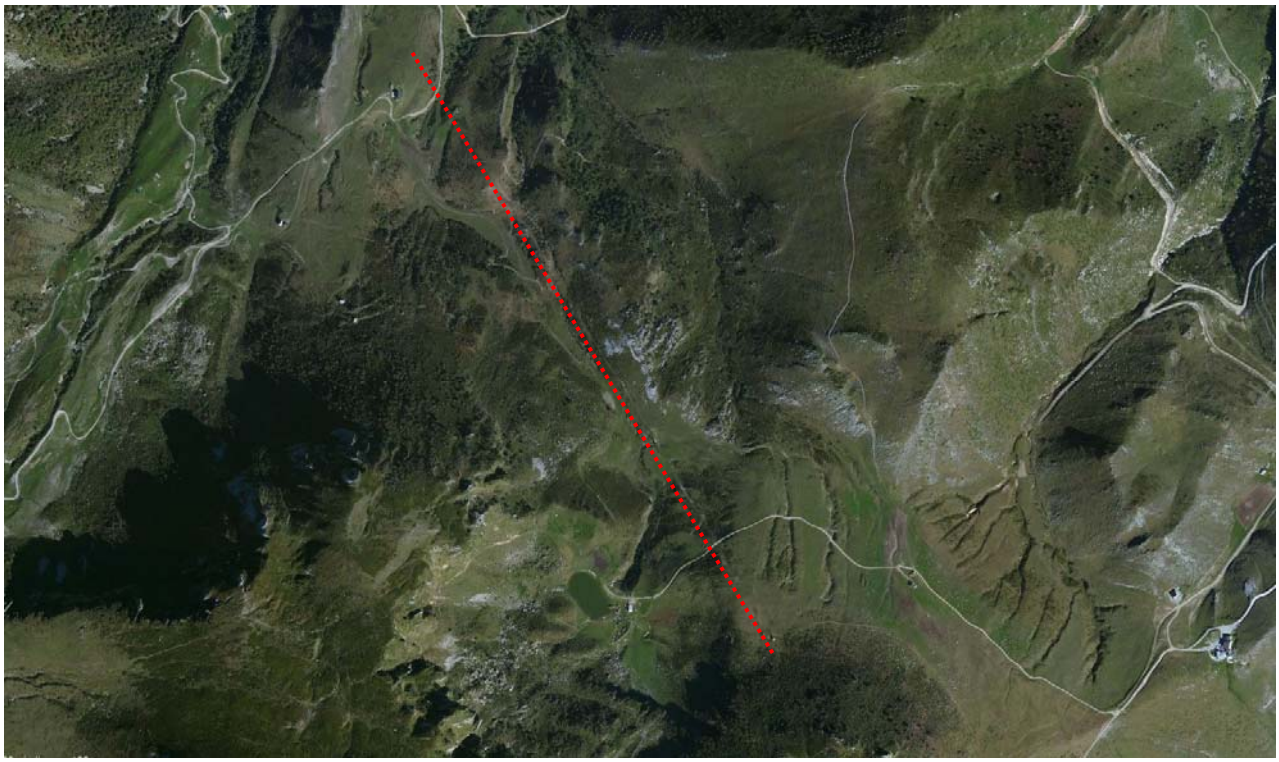


- *Fogli n. 27 e 28 della Mappa Catastale dei Terreni in scala 1.2.000 mappali 18, 20, 60 e 206 (elaborato cartografico non in scala).*





Stralcio foto aerea con visualizzazione del tracciato della nuova seggiovia.



Stralcio foto aerea con visualizzazione del tracciato della nuova seggiovia.

Le caratteristiche del tracciato e della seggiovia in esame (da progetto) possono essere così sintetizzate:

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO

Stazione motrice e tenditrice a valle quota fune	m	1579,44
Stazione di rinvio a monte quota fune	m	1928,90
Dislivello tra gli ingressi in stazione	m	349,46
Lunghezza orizzontale fra assi pulegge	m	1359,97
Lunghezza sviluppata fra assi pulegge	m	1404,15
Lunghezza complessiva dell'anello di fune	m	2867,33
Pendenza media della linea	%	25.9
Pendenza massima della linea	%	41,1
Velocità massima per sciatori	m/s	2,80
Posti per veicolo	n°	2
Equidistanza tra i veicoli	m	16,80
Portata massima sciatori	p/h	1200
Intervallo minimo tra i veicoli	s	6
Tempo di percorrenza minimo sciatori	m,s	8', 21''
Numero totale veicoli	n°	169
Sostegni con rulliere di appoggio	n°	9
Sostegni con rulliere di ritenuta	n°	3
Sostegni con rulliere di doppio effetto	n°	2

La porzione di territorio indagata si colloca nel Piemonte Sud-occidentale, in corrispondenza dei rilievi alpini del Monregalese.
L'area di interesse è compresa nel dominio sciabile della stazione di sports invernali di Artesina, situata a sud rispetto a Frabosa Sottana Capoluogo.
I lavori ricadono all'interno del pendio con esposizione nord compreso nella fascia altimetrica 1580 – 1930 m s.l.m.
Il settore considerato ricade all'interno di un versante con morfologia relativamente regolare ed esposizione N-NW, caratterizzato da pendenze medie variabili (10 - 40% circa); l'uso del suolo del settore indagato è definito da prato stabile e roccia affiorante e/o subaffiorante.

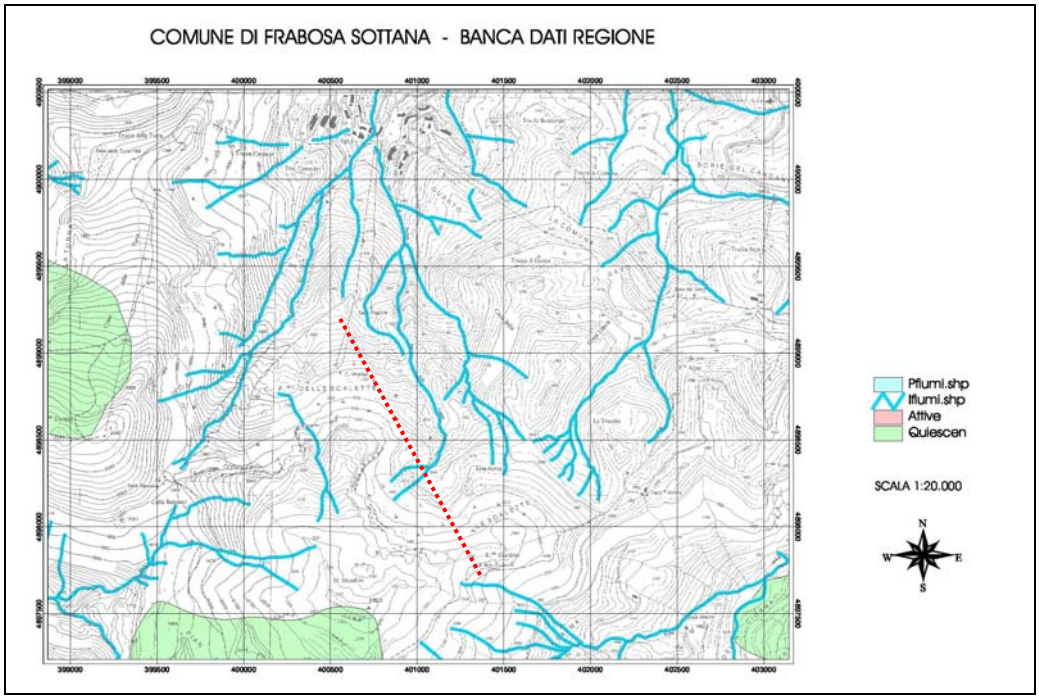
2.0 – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico l'area indagata presenta una morfologia piuttosto articolata, fortemente influenzata dalla presenza di litotipi ad erodibilità differenziale (calcescisti, dolomie, quarziti, coperture quaternarie). In particolare i versanti che si sviluppano su rocce compatte, maggiormente resistenti all'erosione, come i conglomerati, le quarziti, i calcari e i porfiroidi, si presentano da mediamente a molto acclivi, mentre quelli che si sviluppano su rocce maggiormente erodibili, come i calcescisti e i depositi quaternari, si presentano poco acclivi. I processi gravitativi principali che possono interessare i versanti sono i crolli, in molti casi prodotti dal termoclastismo e dal crioclastismo, e i colamenti della coltre superficiale, in seguito all'imbibizione della coltre stessa di acqua di provenienza meteorica. Sul reticolato idrografico minore possono essere presenti invece accentuati fenomeni di erosione e trasporto. In corrispondenza al raccordo tra i versanti ed il fondovalle si rinvengono i maggiori spessori di depositi detritico-colluviali, per effetto del trasporto e successivo accumulo dei prodotti dell'alterazione dei litotipi affioranti nei settori sovrastanti.

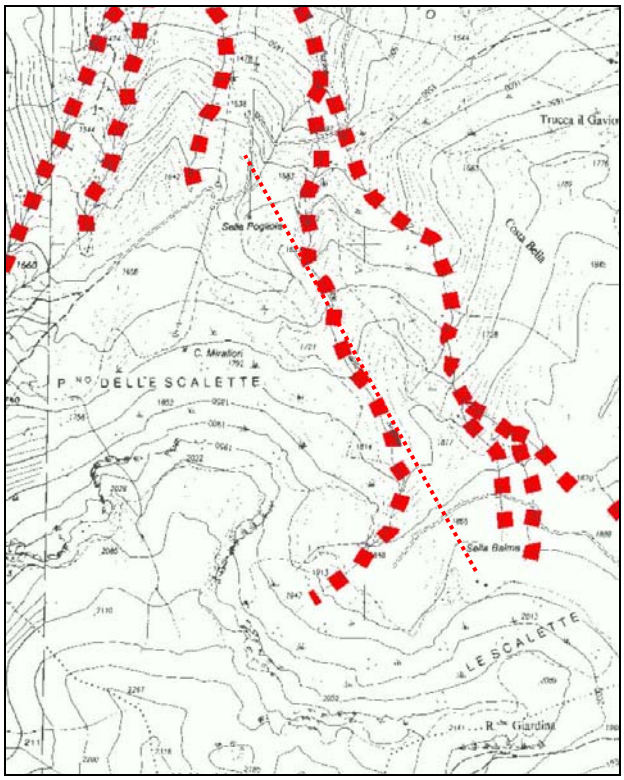
L'area di interesse, in particolare, è ubicata in corrispondenza del tracciato della sciovia esistente.

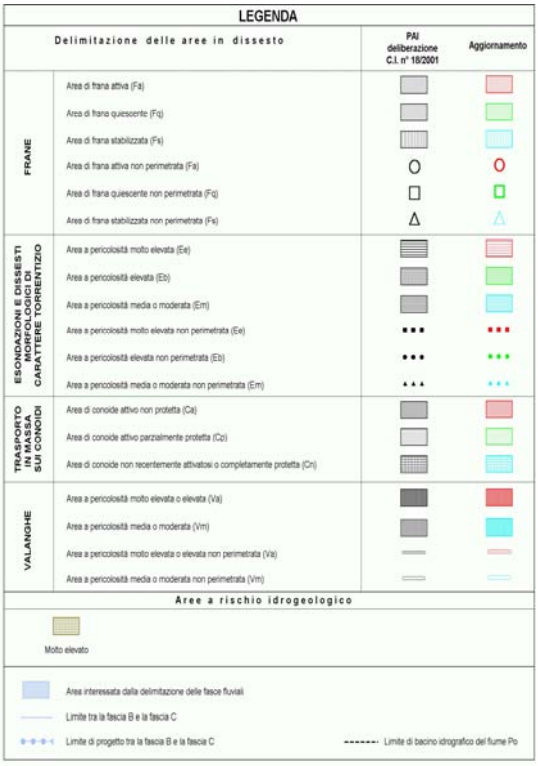
In merito ai processi geomorfologici, dalla consultazione della documentazione bibliografica disponibile:

- *la Banca Dati Geologica Regionale;*

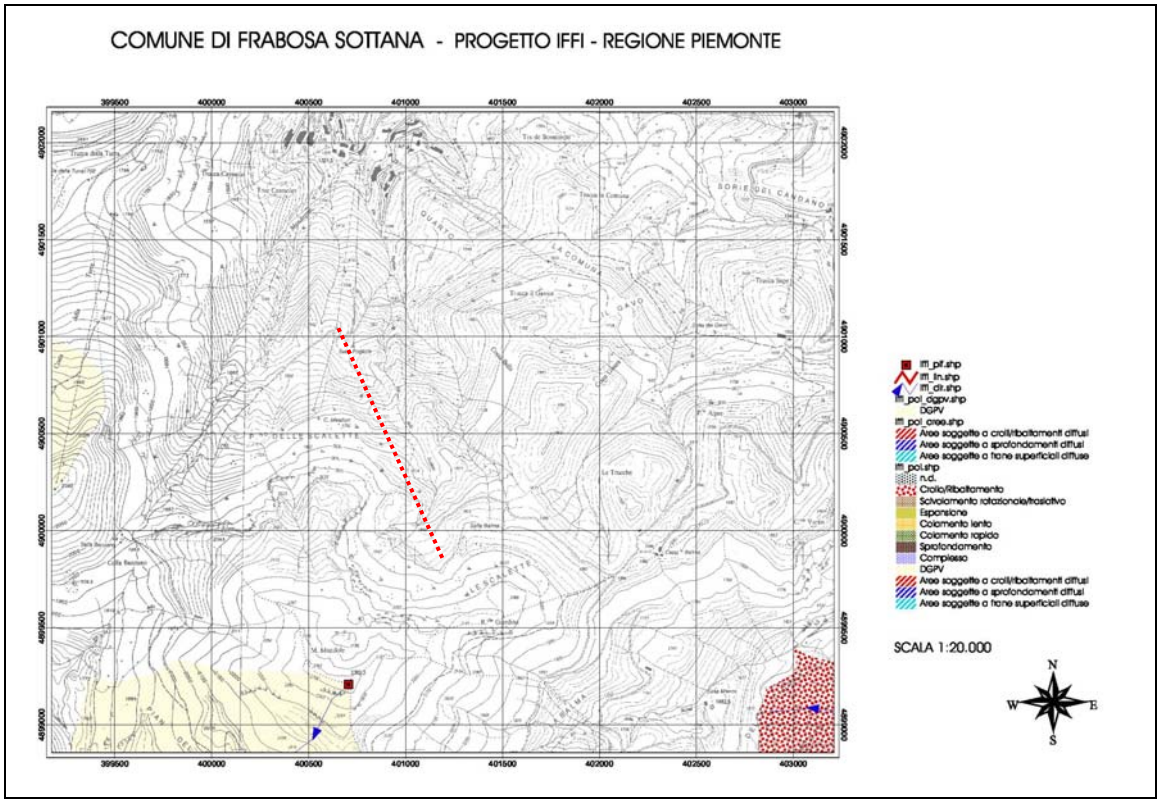


- *la cartografia del PAI "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto";*

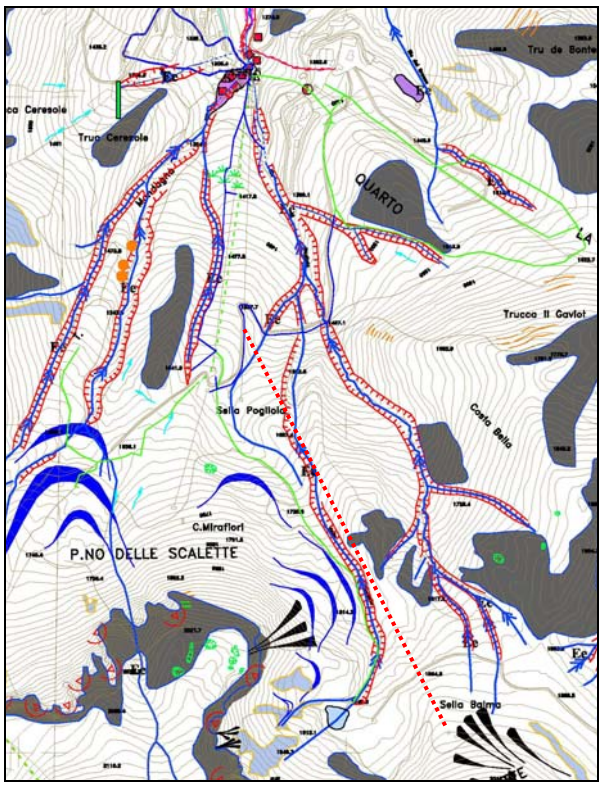


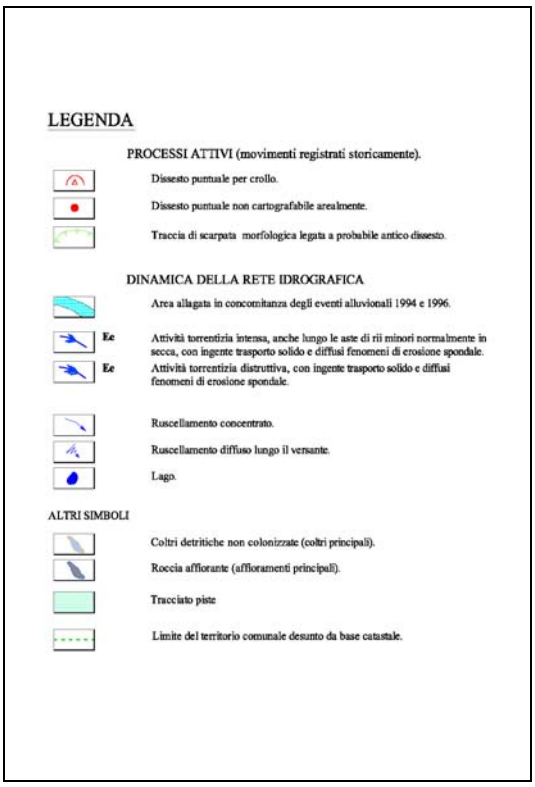


- *la cartografia dei dissesti Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);*

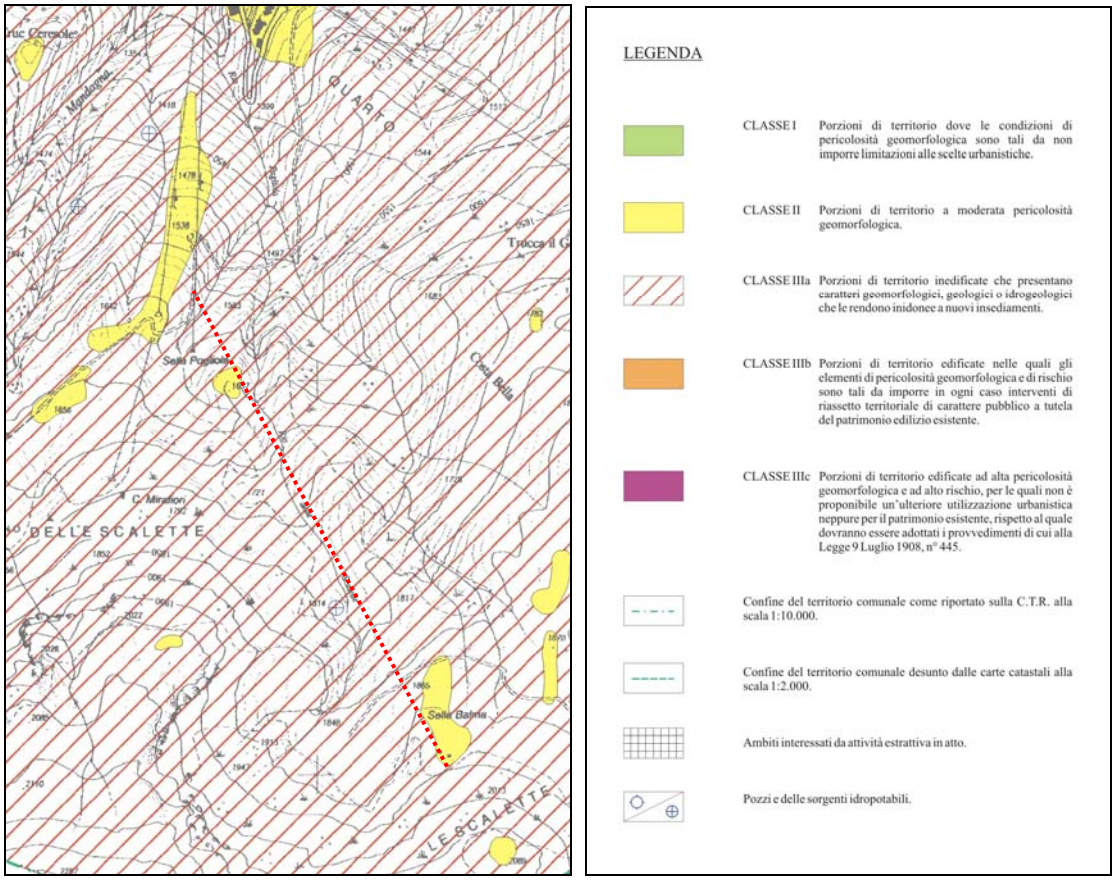


- *Carta geomorfologica e dei dissesti;*





- *Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica.*



e tenendo conto degli elementi emersi nel corso dell'analisi fotointerpretativa condotta, il tracciato della linea indagato non risulta interessato da processi di dissesto sia recenti sia quiescenti. Il tracciato della linea è localizzato a margine di un rio indicato nel PAI come processo di tipo lineare a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee). I sostegni di linea risultano posizionati all'esterno della linea di drenaggio delle acque superficiali e impostati in gran parte su roccia affiorante. Di fatto le strutture non interferiscono con il rio. L'attraversamento dell'alveo, immediatamente a sud della stazione di valle, avverrà ad una quota di circa 15.00 m dall'alveo stesso.

3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI

3.1 - Contesto geologico generale

L'area indagata si colloca geograficamente nel comprensorio delle Alpi Liguri, una catena montuosa originatasi dalla collisione tra il paleocontinente europeo e quello africano in un periodo di tempo compreso tra 90 e 40 milioni di anni fa (orogenesi alpina). Lo schema

paleogeografico individua alcune zone geologicamente distinte, dall'interno verso l'esterno, appartenenti al Dominio Pennidico (Vanossi et Alii, 1994):

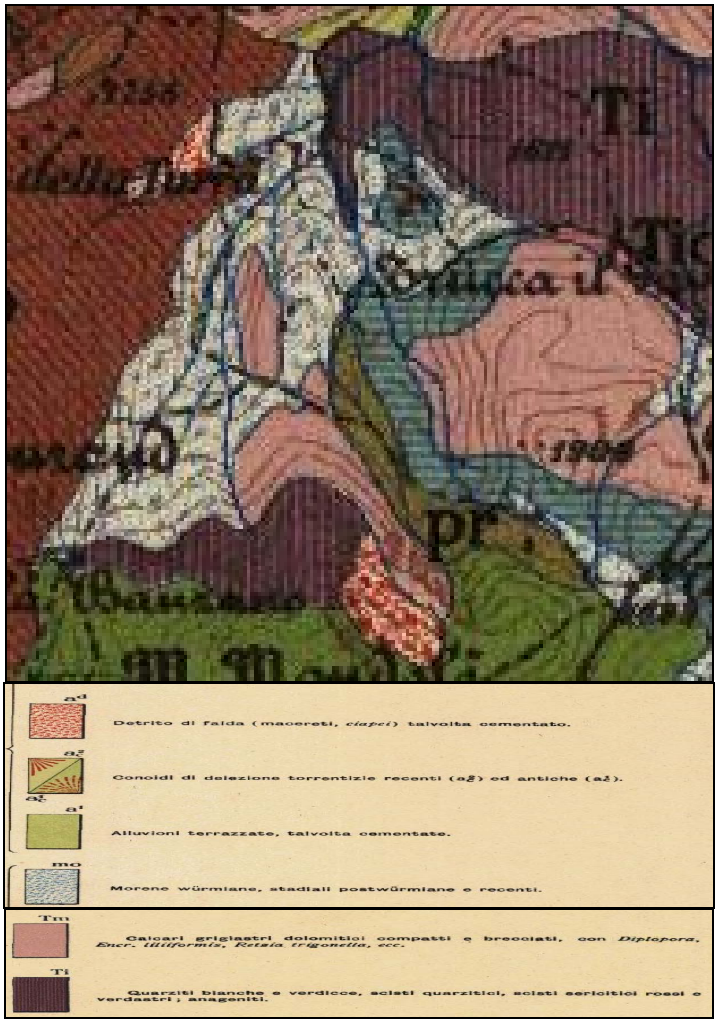
- la zona Piemontese-Ligure;
- la zona Piemontese;
- la zona Brianzonese-Ligure;
- la zona sub-Brianzonese;
- il dominio Delfinese-Provenzale.

3.2 - Caratterizzazione geologica dell'area indagata

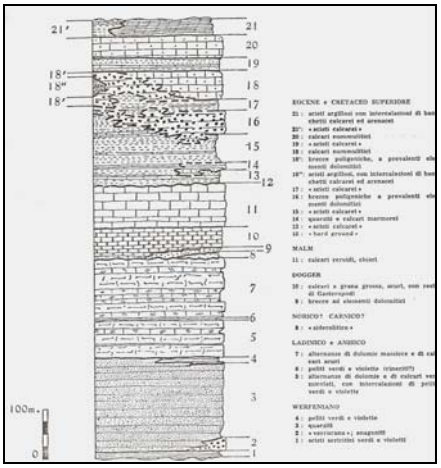
Le informazioni di carattere geologico relative al territorio comunale di Frabosa Sottana sono contenute nel Foglio n° 91 "BOVES" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.
Utili informazioni possono altresì essere desunte da:

- "Alpi Liguri", della serie Guide Geologiche Regionali, a cura di M. Vanossi, 1991 BE-MA ed.
- "Carta idrogeologica e della vulnerabilità all'inquinamento delle risorse idriche delle Valli Ellero e Maudagna (Provincia di Cuneo)", di Bortolami et al., 1979 C.N.R.

ESTRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



L'area indagata è caratterizzata da terreni riferibili ad un'importante zona tettonico–strutturale delle Alpi Occidentali, nota in letteratura con il nome di "Zona Brianzonese", suddivisa, dal punto di vista paleogeografico, in esterna ed interna; è rappresentata in questo settore dall'Unità di Ormea – Serie della Verzera, i cui litotipi sono qui costituiti sia da termini appartenenti al tegumento Permo-Carbonifero Assiale sia da termini appartenenti alle coperture meso-cenozoiche.



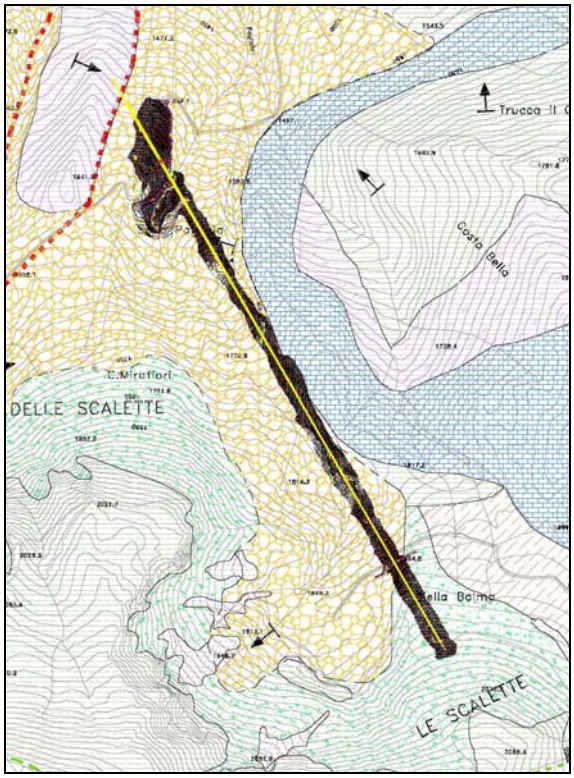
Successione dell'Unità di Ormea – Serie della Verzera (da "Le unità stratigrafico-strutturali tra il Pizzo d'Ormea e il Monte Galero (Alpi Marittime)" di Vanossi M., 1965).

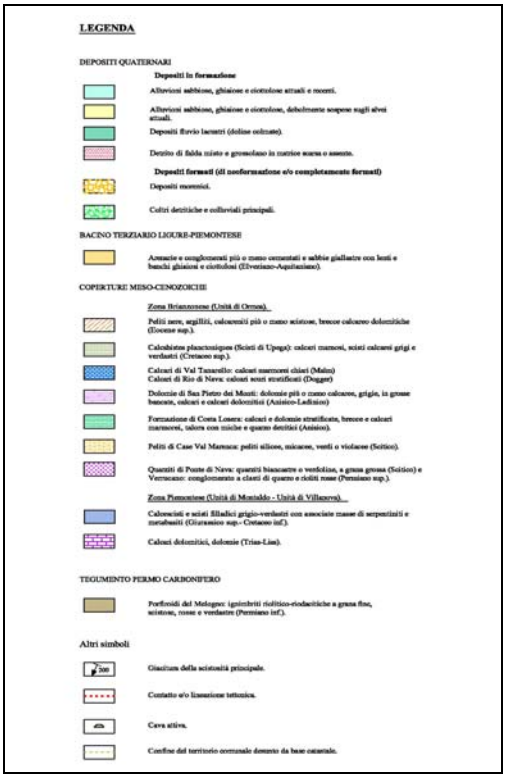
Il tegumento Permo-Carbonifero Assiale è costituito da una serie vulcano-sedimentaria metamorfica (porfiroidi, porfidi quarziferi, scisti gneissici e quarzitico-sericitici) riunita nella Formazione dei "Porfiroidi del Melogno". Tali litotipi hanno subito un metamorfismo essenzialmente dinamico che talora ha modificato profondamente la struttura originaria della roccia, conferendole ora un aspetto gneissico caratterizzato da films fillosilicatici ricchi in sericite e livelli massivi di quarzo e feldspato isorientati, ora un aspetto di roccia finemente scistosa con tessitura a bande millimetriche, biancastre (ricche di albite) e verdastre (ricche di sericite) tra cui spiccano relitti stirati di quarzo e K-feldspato. In molti casi questi litotipi registrano le deformazioni duttili presentandosi finemente pieghettati.

Al di sopra del substrato si osserva la presenza di una coltre detritico-colluviale e morenica discontinua che nasconde la maggior parte dei contatti e di coltri detritiche di falda di notevole spessore localizzate alla base dei versanti in roccia molto acclivi. Nelle aree di interesse questa coltre è costituita da prevalente frazione prevalentemente grossolana con una subordinata matrice fine limoso-sabbiosa. Si tratta in particolare di alternanze limoso-ghiaiose.

4.0 - MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA INDAGATA

Tenendo conto di quanto rilevato sul terreno è stato possibile giungere ad una adeguata ricostruzione del modello geologico dell'area.





La successione stratigrafica per l'area esaminata risulta così sintetizzabile:

- ❖ un livello metrico definito da materiali di riporto e coperture detritiche – colluviali e moreniche, eterogenee costituite da limi, sabbie ghiaiose limose con ghiaie ciottoli e blocchi;
- ❖ seguono i litotipi carbonatici e scistoso – carbonatici del substrato prequaternario.

Sotto l'aspetto geologico i terreni caratterizzanti il tracciato della seggiovia in esame vengono separati come segue:

⇨ *-tratto dal sostegno S1 al sostegno S4*

rocce del substrato definite da calcari grigi occultati da coltri moreniche di potenza metrica;

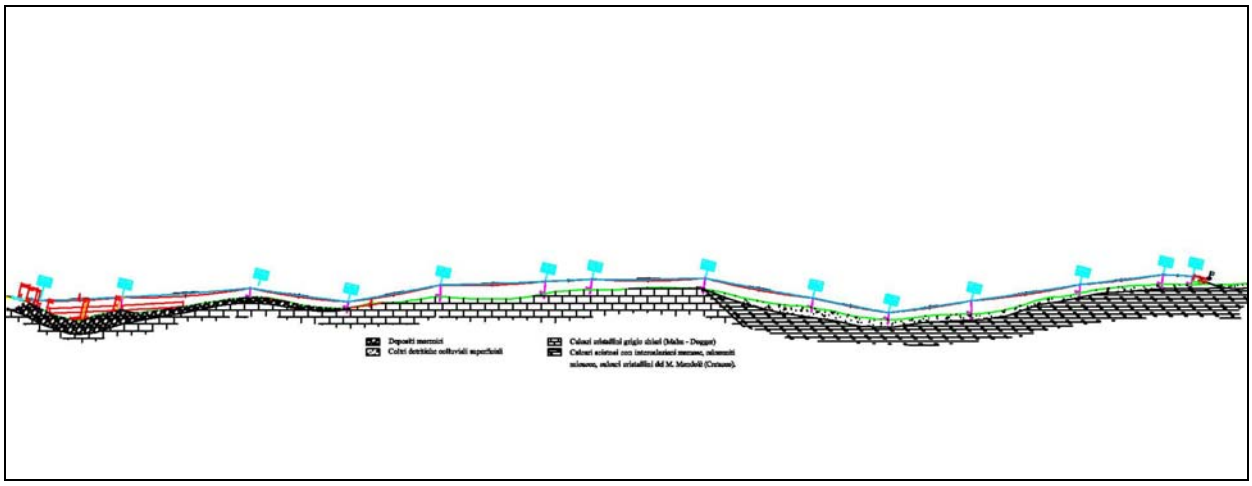
⇨ *-tratto dal sostegno S4 al sostegno S9*

rocce del substrato definite da calcari grigi sia affioranti sia subaffioranti occultati da coltri detritiche colluviali di potenza decimetrica ;

⇨ *-tratto dal sostegno S9 al sostegno S14*

rocce del substrato definite da scisti calcarei filladici con coltri detritiche colluviali di potenza superiore ai 3.00 m.

I materiali sciolti quaternari (morenico detritici) misti ed eterogenei risultano costituiti da una matrice sabbiosa e limosa con ghiaia.



5.0 - MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Per la conoscenza stratigrafica dei terreni nella zona considerata si è fatto riferimento ai risultati delle indagini in situ (n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue – SCPT), eseguite in corrispondenza della stazione di valle e il sostegno di linea n.2.

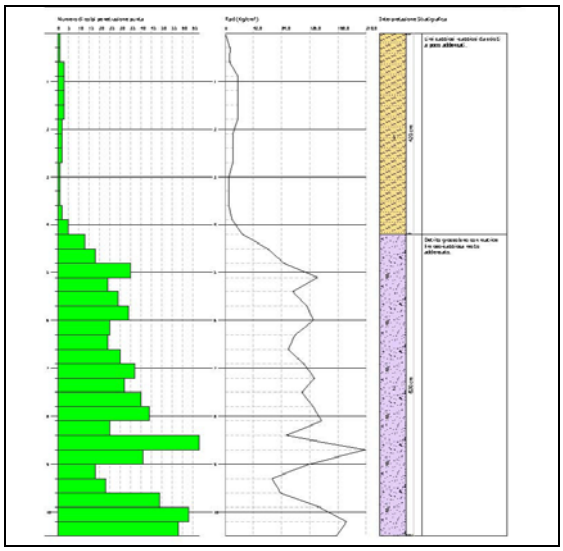
Per la classificazione sismica dei terreni sono state condotte le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) presso le stazioni di valle e di monte.

Le prove penetrometriche dinamiche standardizzate sono state eseguite con un penetrometro DPHS (superpesante) tipo "Meardi" (AGI), montato su di un semovente. Le caratteristiche costruttive possono essere così sintetizzate:



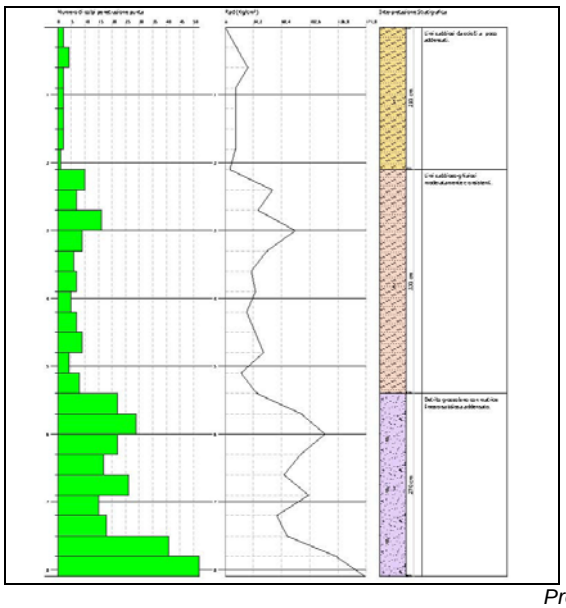
Massa del maglio	*73 kg*
Altezza di caduta	*75,0 cm*
Massa passiva	*0,7 kg*
Lunghezza aste	*1,5 m*
Massa aste	*7,0 kg*
Diametro esterno aste	*34,0 mm*
Diametro interno aste	*18,0 mm*
Diametro della punta conica	*51,0 mm*
Angolo di apertura della punta conica	*60,0 °*
Altezza complessiva punta	*70,0 mm*
Penetrazione standard	*30,0 cm*
Diametro rivestimento	*48,0 cm*
Lavoro specifico per colpo	*269 kJ/m²*
Coeff. di correl. Con Nspt (Limi sabbiosi)	*0.5*
Coeff. di correl. Con Nspt (Ghiaie-sabbiose-limose)	*0.57*

I risultati delle indagini in situ sono visualizzati negli allegati stratigrafie e istogrammi.





Prova SCPT1.





Prova SCPT2

Non è stata riscontrata la presenza della falda idrica alle profondità indagate (SCPT).
La quantificazione dei parametri geotecnici è stata affrontata in base ai dati disponibili, nonché tenendo conto delle risultanze delle indagini in situ.

La successione stratigrafica per l'area esaminata vede la presenza di terreni raggruppabili in tre complessi litologici principali:

- il primo (da 0.00 a 4.00 ÷ 5.50 m) è costituito da limi sabbiosi, sabbie limoso – ghiaiose da sciolte poco addensate, riferibili al gruppo SM (USCS);
- il secondo (da 4.00 ÷ 5.50 m a 8.00 – 10.50 m) è definito da ghiaie sabbiose ciottolose debolmente limose da addensate a molto addensate riferibili al gruppo GW (USCS);
- il terzo è definito dai litotipi carbonatici e scistosi del substrato prequaternario.

Per la quantificazione dei parametri geotecnici dei terreni si è fatto riferimento a correlazioni empiriche esistenti nella letteratura tecnica e alle risultanze delle prove penetrometriche eseguite.

6.0 - PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

6.1.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI

Le risultanze delle prove penetrometriche hanno messo in evidenza una relativa etrogeneità dei materiali.

6.1.1 – Sabbie limose, da sciolte a poco addensate (unità litologica I)

Livello: da 0.00 a 4.00 m (stazione di valle e sostegno n.2)

Definizione dei parametri geotecnici fondamentali:

Secondo il sistema unificato statunitense (U.S.C.S.) i materiali riferibili a questa unità vengono associati al gruppo SM. Si tratta di limi sabbiosi, di colore bruno rossiccio.

Per tali materiali si fa riferimento, in accordo con i risultati delle indagini geotecniche, ai parametri di seguito dettagliati:

Cu	0 [kPa]
γ	18 [kN/m^3]
ϕ'	28 [°]
ϕ_{cv}	26 [°]

6.1.2 – Limi sabbiosi ghiaiosi, moderatamente addensati (unità litologica II)

Livello: da 2.00 a 5.50 m (sostegno di linea n 2)

Definizione dei parametri geotecnici fondamentali:

Secondo il sistema unificato statunitense (U.S.C.S.) i materiali riferibili a questa unità vengono associati al gruppo SM. Si tratta di limi sabbiosi, di colore bruno rossiccio.

Per tali materiali si fa riferimento, in accordo con i risultati delle indagini geotecniche, ai parametri di seguito dettagliati:

Cu	0 [kPa]
γ	18 [kN/m3]
ϕ'	33 [°]
ϕ_{cv}	28 [°]

6.1.3 – Ghiaie sabbiose limose ciottolose da moderatamente addensate a molto addensate (unità litologica III)

Livello: oltre i 4.00 – 5.50 m ;

Definizione dei parametri geotecnici fondamentali:

Secondo il sistema unificato statunitense (U.S.C.S.) i materiali riferibili a questa unità vengono associati al gruppo GW..

Per tali materiali si fa riferimento, in accordo con i risultati delle indagini geotecniche, ai parametri di seguito dettagliati:

Cu	0 [kPa]
γ	19 - 20 [kN/m^3]
ϕ'	36 [°]
ϕ_{cv}	32 [°]

Sotto l'aspetto applicativo i terreni caratterizzanti il tracciato della seggiovia in esame vengono separati come segue:

- ⇨ *-tratto dal sostegno S1 al sostegno S4*

  rocce del substrato definite da calcari grigi occultati da coltri moreniche di potenza metrica (classe sismica suolo tipo B);

- ⇨ *-tratto dal sostegno S4 al sostegno S9*

  rocce del substrato definite da calcari grigi sia affioranti sia occultati da coltri detritiche colluviali di potenza inferiore ai 3.00 m (classe sismica suolo tipo A);

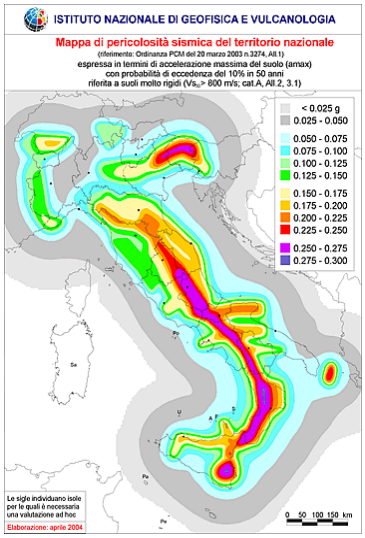
⇨ *-tratto dal sostegno S9 al sostegno S14*

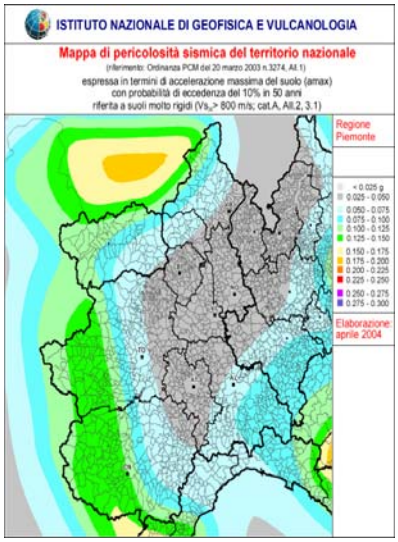
rocce del substrato definite da scisti calcarei filladici con coltri detritiche colluviali di potenza superiore ai 3.00 m (classe sismica suolo tipo E).

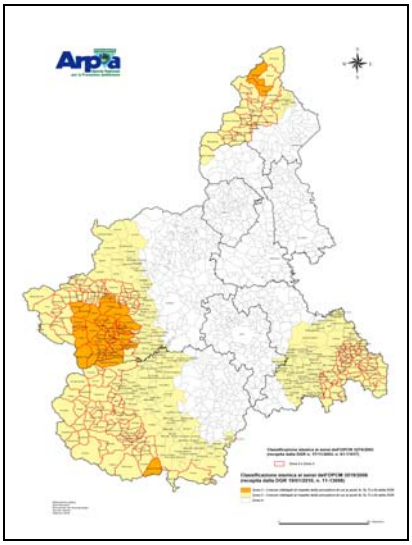
7.0 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La recente normativa in materia sismica ha introdotto sostanziali novità rispetto al quadro legislativo vigente ed ha portato alla adozione di un nuovo assetto normativo per quanto concerne gli aspetti relativi al rischio sismico ed alla progettazione antisismica.

La nuova classificazione del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003, n.3274 – All.1) e per il territorio piemontese (DGR 19 gennaio 2010 n.11-13058 - O.P.C.M 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006 - D.G.R. 12/12/2011, n. 4-3084 modificata con la D.G.R. 3/02/2012, n. 7-3340) è visualizzata nelle figure che seguono.







Nelle figure è visualizzata la nuova classificazione.

La nuova classificazione comporta una suddivisione dei terreni che deve essere effettuata, in prima istanza, sulla base dei rilievi geologici eseguiti, dell'analisi e dell'interpretazione dei dati stratigrafici e geotecnici disponibili. Le caratteristiche litotecniche dei depositi (natura del deposito, granulometria, addensamento dei materiali granulari, consistenza dei materiali non coesivi, ecc. anche su base qualitativa) e le informazioni relative alla loro reciproca geometria (spessori, geometria dei limiti fra i depositi, ecc.) consentono la qualificazione dei suoli e dei profili di terreno secondo i criteri definiti al punto 5.1 dell'All. 2 dell'OPCM 3274/2003 .

7.1 – Definizione della classe sismica

Secondo la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, il Comune di **Frabosa Sottana** ricade nell'ambito della zona 3, ed è quindi caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima ag = 0,15 g (m/s^2).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 1 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco orizzontale su suolo

CODICE ISTAT 2001	NOME DEL COMUNE	ZONA SISMICA OPCM 3274/2003
01004091	Frabosa Sottana	3

Il D.M. del 14/01/2008 "Approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione con l'INGV e dal DPC – "S1" – per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale.
Nella tabella che segue vengono forniti i parametri di cui sopra calcolati utilizzando le coordinate del centro dello stendimento.

T_R[anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0.036	2.566	0.197
50	0.050	2.529	0.222
72	0.061	2.532	0.238
101	0.074	2.491	0.251
140	0.088	2.470	0.261
201	0.105	2.450	0.269
475	0.151	2.469	0.291
975	0.201	2.495	0.307
2475	0.285	2.515	0.324

Valori dei parametri a_g, F_0, T_C^* per periodi di ritorno T_R di riferimento

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.
L'identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della Vs30, cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) NSPT30.

La medesima normativa individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna (Vs30) e viene calcolato con la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio (γ < 10 -6) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs_{30}(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	-
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

Tabella Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3431/2005 (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).

7.2 – Cenni teorici metodologia MASW

La strumentazione utilizzata è composta da:

1. un acquisitore a 24 canali della Seismic Source (DAQLink II System – 24 bit Acquisition System)
2. 24 geofoni a frequenza di 4,5 Hz (indagine MASW) e 24 geofoni a frequenza di 40 Hz (sismica a rifrazione)
3. una mazza battente da 8 Kg per la generazione dell'impulso sismico.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

1) Acquisizione (Figura 2);

2) Processing (Figura 3);

3) Inversione (Figura 4).

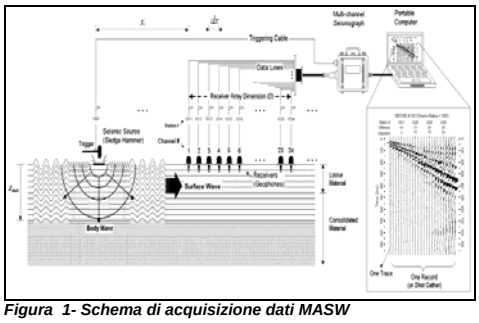


Figura 1- Schema di acquisizione dati MASW

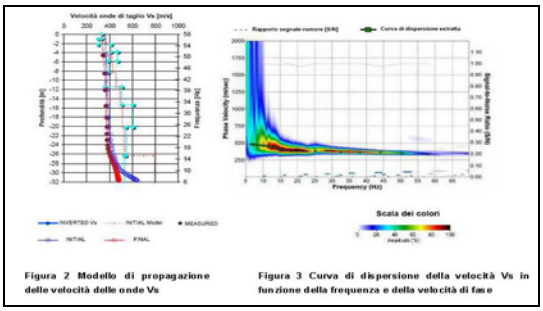


Figura 2 Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

Figura 3 Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando due stendimenti lineari di 46 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2 m.

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate cinque energizzazioni con mazza battente da 8 kg, disposte ad un estremo del profilo ad una distanza di 8, 10, 12 e 14 m dal primo geofono.

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3 impulsi sismici. Lo schema di acquisizione è riportato in Appendice A.

L'acquisizione dei dati sismici è stata ottenuta con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (units Daq Link III, Seismic Source ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

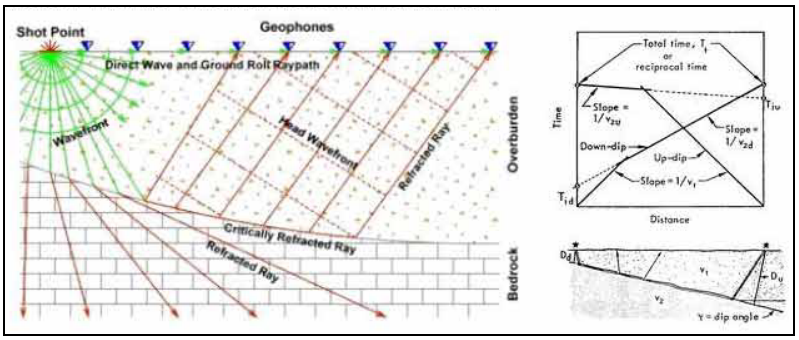
L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 8 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

7.3 – Cenni teorici sulle indagini geosismiche a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione di onde P è un metodo di indagine basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche, generate nel terreno in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni) disposti sulla superficie del terreno ed allineati con il punto di energizzazione. La distanza tra i geofoni e quella del punto di energizzazione sono scelte in base allo spessore ed ai tipi di materiale che si vogliono indagare. Le onde elastiche che si propagano in profondità e vengono in parte deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica (V1, V2) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

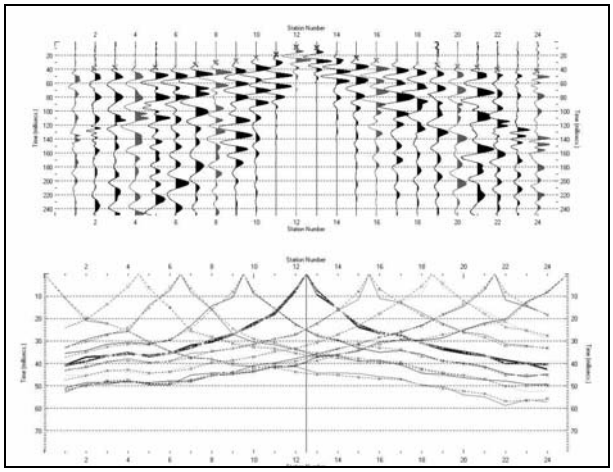
L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che

subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.



Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti.

Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono stati attraversati dalle onde sismiche. L'interpretazione delle dromocrone consente di ricavare delle sezioni sismiche che schematizzano la distribuzione della velocità in funzione della profondità.

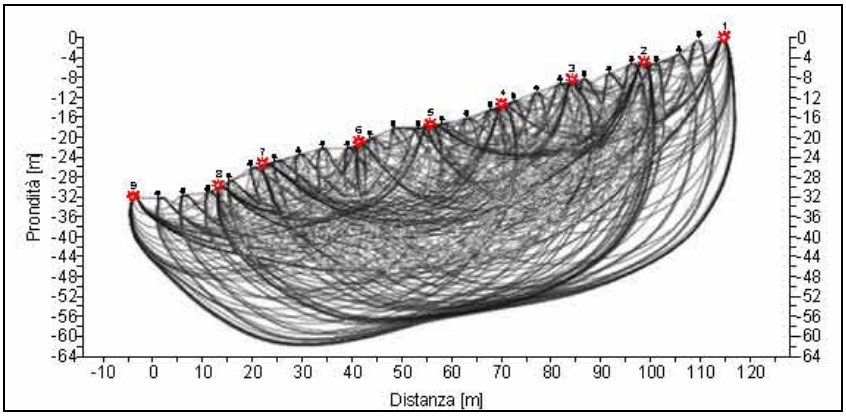


Sismogramma e dromocrone.

Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona solo per velocità crescenti. L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry,1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1 D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson &

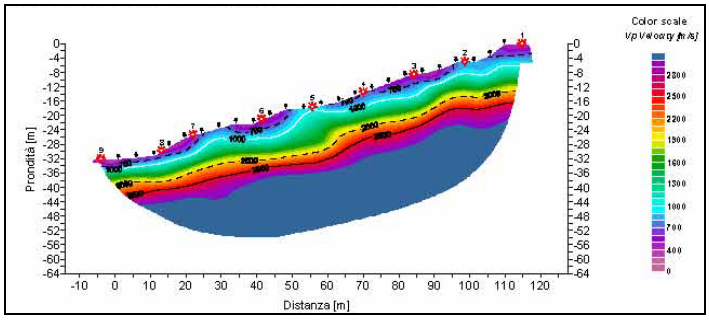
Russell,1984; Olsen, 1989). La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo.

Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.



Copertura raggi sismici.

L'analisi dei raggi sismici con il programma di inversione tomografica discretizza il modello fisico e restituisce un modello di distribuzione delle velocità delle onde di compressione P (isotache espresse in m/s) coerente con il modello geologico del sottosuolo. Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si utilizza il software RAYFRACT TM (32 - bit version), della Intelligent Resources Inc. (Canada). I dati dei primi arrivi (onde di compressione) sono stati elaborati con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo. Tale metodo (inversione tomografica) consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).



Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione Vp in m/s.

7.4 – Elaborazione dati

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software Reflexw, Sandmeier Software, D). Successivamente le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (General Reciprocal Method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software Reyfract, Intelligent Resources Inc., CDN). Il metodo dell'inversione tomografica consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione). I dati sismici relativi all'indagine MASW sono stati elaborati con il software Surfseis V. 3.05 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

7.5 - Profilo di velocità e valutazione del parametro vs30

MASW 1 (stazione di Valle)

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato nell'Allegato A2, evidenzia un assetto sismostratigrafico definito da:

1. un livello superficiale, fino a circa 2.5 m di profondità, costituito da terreni caratterizzati da bassi valori di rigidità (VS compresa tra 210 e 280 m/s);
2. un livello intermedio, che si estende fino a circa 12.6 m dal piano campagna, costituto da materiali a rigidità medio-alta (VS compresa tra 370 e 720 m/s);
3. un livello profondo sottostante (substrato sismico) con velocità delle onde di taglio compresa tra 820 e 1200 m/s. Il valore di Vs30 calcolato al piano campagna è pari a 645 m/s.

Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B". *[Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)]*.

Non si ritiene che possa essere invocata la classe E dal momento che i terreni di copertura, che hanno uno spessore pari a circa 12.5 m, presentano una Vs media di circa 430 m/s e il gradiente di velocità oltre i 6.5 metri di profondità (contrasto di impedenza sismica maggiore) si mantiene costante sino alla massima profondità di indagine.

MASW 2 (stazione di Monte)

Analizzando la curva di dispersione riportata nell'Allegato A4, si osserva come la valutazione delle incertezze sperimentali, soprattutto in bassa frequenza, risulti problematica. Questo fenomeno è dovuto alla presenza di un substrato lapideo superficiale ed alle grandi lunghezze d'onda tipiche di materiali rigidi, che presentano elevate velocità di propagazione, difficilmente caratterizzabili se non con stendimenti molto ampi. Il profilo di velocità delle onde di taglio ottenuto, pertanto, si riferisce unicamente ai materiali detritici di copertura, caratterizzabili entro i limiti di certezza consentiti dalle osservazioni sperimentali. In conseguenza di quanto osservato si è ritenuto opportuno realizzare una sezione sismica a rifrazione, in sovrapposizione allo stendimento MASW, al fine di valutare spessori e caratteristiche di sito anche sotto il profilo delle onde di compressione: il modello tomografico ottenuto viene riportato in Allegato B.

Dall'analisi dei risultati di entrambe le prove è possibile ricostruire un assetto litostratigrafico costituito da:

1. un livello superficiale, fino a circa 5-6 m di profondità, costituito da terreni detritici caratterizzati da valori di rigidità medio-bassi (VS compresa tra 140 e 490 m/s) e velocità delle onde di compressione inferiori a 1500 m/s;
2. un substrato lapideo sottostante a rigidità medio-alta (Vs > 800 m/s e Vp > 1500 m/s) . Il valore di Vs calcolato unicamente sui terreni di copertura è pari a 274 m/s (terreni di sottosuoli di tipo "C"). Dal momento che tale copertura presenta uno spessore pari a 5- 6 m, ed essendo questa posta al disopra del substrato lapideo, è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "E". *[Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s)]* .

7.6 - Considerazioni conclusive

I risultati delle prove sismiche con metodologia MASW realizzate in corrispondenza delle stazioni di partenza ed arrivo della sciovia Rocche Giardina, sita ad Artesina nel territorio comunale di Frabosa Sottana, hanno fornito i seguenti risultati:

- ⇨ MASW 1 (Valle): Vs30 = 645 m/s → Classe di suolo "B"
- ⇨ MASW 2 (Monte): Vs della copertura (da 0 a -5.8m) = 274 m/s → Classe di suolo "E"

- CERTIFICATO ESITO PROVA MASW

MASW Stazione di valle

COMMITTENTE	Dott. Geol. Galliano
RELAZIONE	2475/13
N° PROVA	001
N° PROVA	Artesina (CN)
DATA	05/07/2013

Techgea GEOPHYSICS — ALLEGATO A1

UBICAZIONE INDAGINE MASW



N W E S

LEGENDA

Stendimento linea MASW

Centrolinea MASW - Ubicazione profilo Vs 30

UBICAZIONE	
DATUM	WGS84
PROIEZIONE	UTM
ZONA	32T
EST	400620
NORD	4899228

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

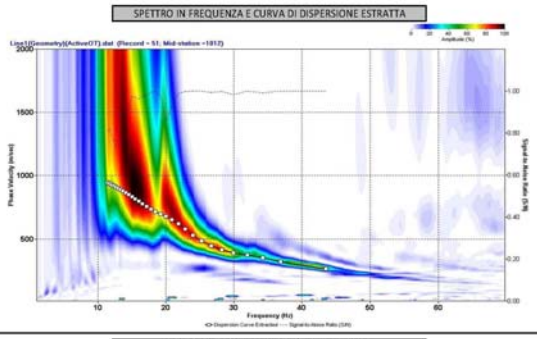




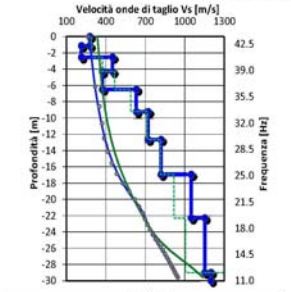
COMMITTENTE	Dott. Geol. Galliano	COORDINATE UTM WGS84	32 T 400620 4899228
RELAZIONE	2475/13	SISMOGRAFO	Daq Link III
N° PROVA	001	GEOFONI	24 (freq. 4,5 Hz)
LOCALITA'	Artesina (CN)	ACQUISITION TIME	1.0 s
DATA	05/07/2013	SAMPLE INTERVAL	0.250 ms

Techgea GEOPHYSICS — ALLEGATO A2

SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



LEGENDA

Modello di velocità [Vs/Prof.]	Curva di dispersione [Vfase/Frequenza]
Vs iniziale	Curva di dispersione iniziale
Vs finale	Curva di dispersione finale
	Modo fondamentale misurato

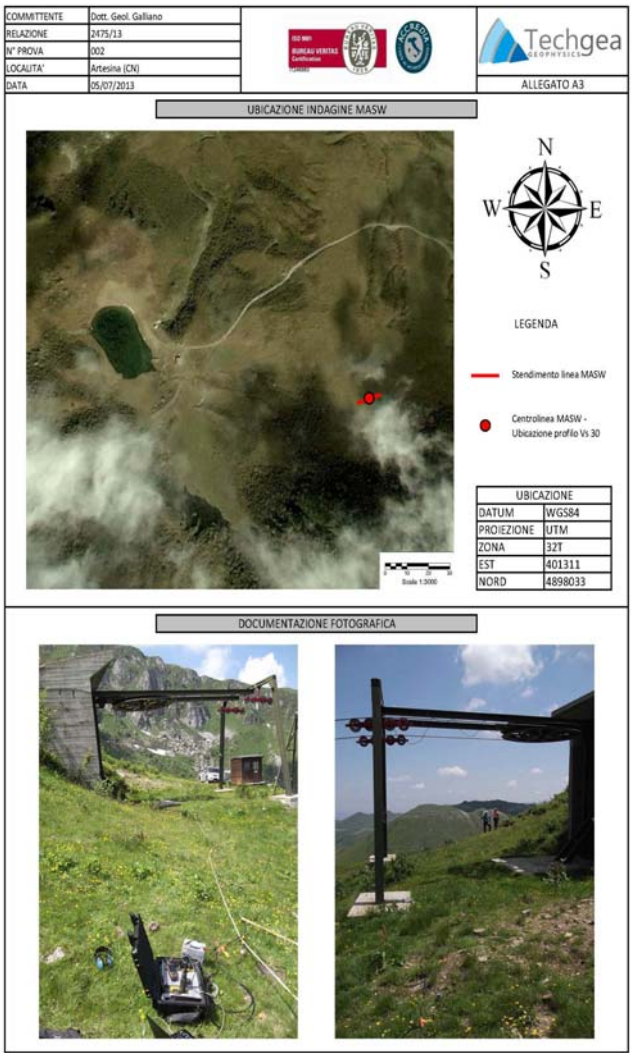
MODELLO PROFILO Vs A 9 STRATI

Strato	Profondità [m] da	a	Vs [m/s]
1	0.00	-1.12	278
2	-1.12	-2.53	214
3	-2.53	-4.29	451
4	-4.29	-6.48	373
5	-6.48	-9.22	632
6	-9.22	-12.65	721
7	-12.65	-16.94	820
8	-16.94	-22.30	1049
9	-22.30	-29.00	1152
10	-29.00	-30.00	1199

CODICE DI CALCOLO: SurfSeis 3.15

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs30 CALCOLATO
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	**645 m/sec** (media pesata sugli spessori compresi tra -1 e -31 m)

MASW Stazione di monte



COMMITTENTE	Dott. Geol. Galliano
RELAZIONE	2475/13
N° PROVA	002
LOCALITA'	Artesina (CN)
DATA	05/07/2013

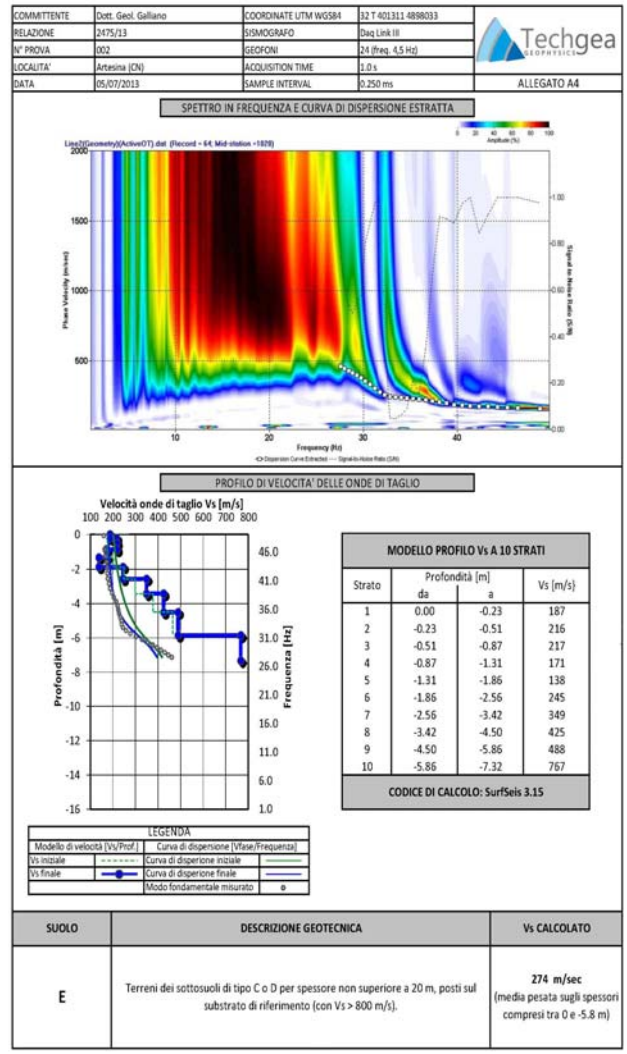
Techgea GEOPHYSICS

ALLEGATO A3

UBICAZIONE INDAGINE MASW

UBICAZIONE	
DATUM	WGS84
PROIEZIONE	UTM
ZONA	32T
EST	401311
NORD	4898033

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



COMMITTENTE	Dott. Geol. Galliano	COORDINATE UTM WGS84	32 T 401311 4898033
RELAZIONE	2475/13	SISMOGRAFO	Daq Link III
N° PROVA	002	GEOFONI	24 (freq. 4,5 Hz)
LOCALITA'	Artesina (CN)	ACQUISITION TIME	1.0 s
DATA	05/07/2013	SAMPLE INTERVAL	0.250 ms

Techgea GEOPHYSICS

ALLEGATO A4

SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA

PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

MODELLO PROFILO Vs A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m] da	a	Vs [m/s]
1	0.00	-0.23	187
2	-0.23	-0.51	216
3	-0.51	-0.87	217
4	-0.87	-1.31	171
5	-1.31	-1.86	138
6	-1.86	-2.56	245
7	-2.56	-3.42	349
8	-3.42	-4.50	425
9	-4.50	-5.86	488
10	-5.86	-7.32	767
CODICE DI CALCOLO: SurfSeis 3.15			

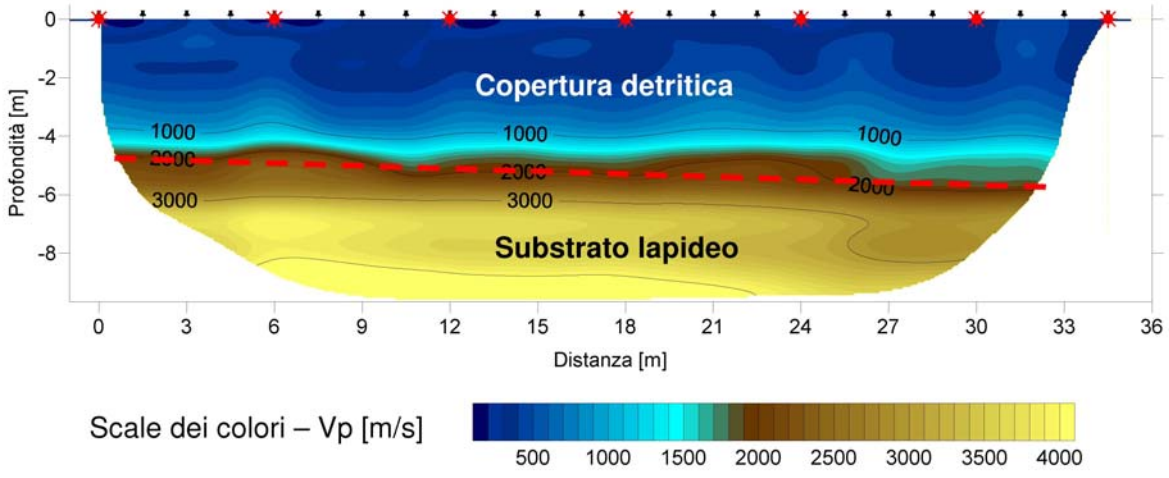
LEGENDA

Modello di velocità [Vs/Prof.]		Curva di dispersione [Vfase/Frequenza]	
Vs iniziale		Curva di dispersione iniziale	
Vs finale		Curva di dispersione finale	
		Modo fondamentale misurato	

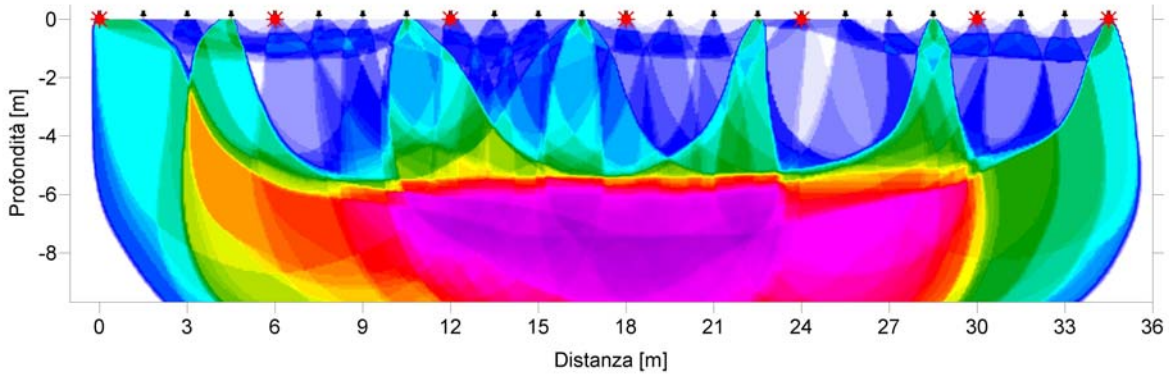
SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs CALCOLATO
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	274 m/sec (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -5.8 m)

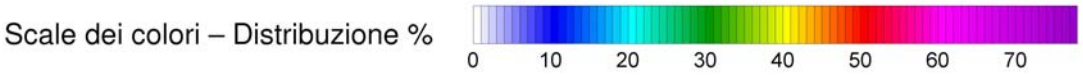
Sezione sismica a rifrazione sovrapposta allo stendimento MASW 2 (monte)

Modello tomografico di velocità delle onde P



Distribuzione dei raggi sismici





8.0 – VINCOLI PUBBLICISTICI

8.1 - Paesaggistici e culturali

Beni Paesaggistici – Art. 136, 142 D.Lgs. 42/2004 (ex Legge 1497/39, ex Legge 1089/39, ex D. Lgs 490/99; ex Legge 431/1985) - L.R. 32/2008 – L.R. 03/2009

L'ex Legge n°1497/1939 "Protezione delle Bellezze Naturali", così come la ex Legge 431/85 "Galasso", entrambe abrogate dal D.Lgs 490/99, a sua volta recepito nelle categorie di vincolo dal Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali ed ambientali, D.Lgs n°42 del 22/01/21004, Parte III, sottopongono a tutela, in ragione del loro interesse paesaggistico, particolari ambiti territoriali.

La verifica ha riscontrato che le opere previste e precedentemente descritte interessano settori soggetti ai vincoli di cui all'oggetto, pertanto, risulteranno soggette alle prescrizioni previste dai riferimenti normativi in oggetto.

8.2 - Idraulici

Non essendo interessati dagli interventi i corsi d'acqua rientranti nella classificazione di acque pubbliche, gli interventi in progetto non saranno sottoposti ai vincoli di cui al R.D. 523/1904 in tema di acque pubbliche.

8.3 – Idrogeologici

Regio Decreto n°3267/1923 e L.R.45/1989

Il vincolo di cui al R.D. 3267/23 tutela l'originaria destinazione d'uso del suolo, in particolar modo le zone boscate ai fini della prevenzione delle cause di dissesto idrogeologico. La L.R. 45/1989 disciplina gli interventi e le attività da eseguire nelle zone soggette a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi del R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267, che comportano modificazione e/o trasformazione d'uso del suolo.

Per queste ragioni l'intervento in progetto risulta soggetto alle procedure autorizzative ai sensi della L.R. 45/89.

Per l'applicazione della normativa si potrà fare riferimento alla recente Circolare del Presidente della Giunta regionale 3 aprile 2012, n. 4/AMD Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 (Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici). Note interpretative e indicazioni procedurali.

9.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'elaborato sono state prese in esame le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche qualitative e sismiche dei terreni, in merito al *Progetto Definitivo dei lavori di costruzione della nuova seggiovia biposto ad ammorsamento permanente "Rocche Giardina",* la cui costruzione è prevista in loc. Artesina nel Comune di Frabosa Sottana.

In relazione a quanto emerso nella stesura della presente, condotta tenendo conto:

⇒ della bibliografia esistente sull'area;

⇒ degli elementi e dei dati rilevati nel corso del sopralluogo in situ, che hanno consentito un'adeguata descrizione dei luoghi;

⇒ della consultazione della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, per l'individuazione dei processi di dissesto;

⇒ delle informazioni derivate dalla consultazione delle carte allegate al P.R.G.C;

vengono formulate le seguenti considerazioni conclusive:

9.1 – TIPOLOGIA DI INTERVENTO

- → L'intervento previsto a progetto comporta la realizzazione di una nuova seggiovia biposto a collegamento permanente, con 14 sostegni di linea, consentendo il trasporto massimo teorico di 1.200 p/h.

9.2 – INDICAZIONI STRATIGRAFICHE

- → I terreni interessati risultano definiti da coltri detritiche colluviali, coltri moreniche miste e roccia in posto;
- → tratto dal sostegno S1 al sostegno S4 rocce del substrato definite da calcari grigi occultati da coltri moreniche di potenza metrica;
- → tratto dal sostegno S4 al sostegno S9 rocce del substrato definite da calcari grigi sia affioranti sia subaffioranti occultati da coltri detritiche colluviale di potenza decimetrica;
- → tratto dal sostegno S9 al sostegno S14 rocce del substrato definite da scisti calcarei filladici con coltri detritiche colluviali di potenza superiore ai 3.00 m.

9.3 – LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO RISPETTO AI LIMITI DI PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La linea della seggiovia a progetto percorre un pendio inserito in classe IIIa di Pericolosità Geomorfologica come risulta visualizzato nella planimetria allegata, che comprende *"porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici, geologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti"*.

Nella recente cartografia della Variante Strutturale al P.R.G.C. 2010 , Progetto Preliminare approvata nel mese di marzo 2015, il tracciato della linea ricade in classe III indifferenziata riferita alle *"aree decisamente marginali ai contesti urbanizzati, che presentano caratteri di potenziale vulnerabilità a forme di attività geomorfica legate soprattutto all'assetto morfologico ed alla fragilità dal punto di vista idrogeologico del territorio. Si tratta di aree di norma non edificate e in generale non edificabili con l'eccezione delle aziende agricole secondo quanto indicato nelle N.T.A."* . Tra gli interventi consentiti rientrano*: f) vengono consentiti gli interventi finalizzati alla realizzazione di viabilità pubblica e privata, impianti di risalita e piste associate, captazione di sorgenti e condotte relative, interventi di sistemazione e consolidamento aree instabili, la realizzazione di impianti e strutture legate alla produzione di energia da fonti rinnovabili.*

Il tracciato della linea indagato non risulta interessato da processi di dissesto sia recenti sia quiescenti. E' localizzato a margine di un rio indicato nel PAI come processo di tipo lineare a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee). I sostegni di linea risultano posizionati all'esterno della linea di drenaggio delle acque superficiali e impostati in gran parte su roccia affiorante. Di fatto le strutture non interferiscono con il rio. L'attraversamento dell'alveo, immediatamente a sud della stazione di valle, avverrà ad una quota di circa 15.00 m dall'alveo stesso.

Sulla base di quanto sopra si ritiene l'intervento compatibile con le condizioni di pericolosità geomorfologica dei pendii percorsi, fatta salva la necessità del ricorso ad accorgimenti operativi esplicitati nella presente.

9.4 - CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA ED EVENTUALE INTERFERENZA CON LA ZONA D'INTERVENTO

Sulla base degli elementi disponibili emersi nel corso dell'indagine svolta e tenendo conto della documentazione bibliografica si può affermare quanto segue:

- è prevedibile una modesta circolazione idrica all'interno delle coperture detritiche - colluviali e moreniche veicolata da livelli più permeabili;
- i complessi carbonatici sono caratterizzati da una permeabilità elevata per fratturazione e soluzione;
- alle facies scistose impermeabili nel tratto superiore della linea sono legati i livelli di emergenze idriche;
- a livello operativo sarà necessario prevedere la formazione di setti in materiale drenante a tergo delle strutture in c.a. presso le stazioni di monte e di valle, ottenuti mediante la realizzazione di un drenaggio mediante l'impiego di materiale drenante (ghiaia lavata), di pezzatura idonea (0,5-7 cm) avvolta in tessuto non tessuto e collegato ad un pozzetto di scarico. Per i sostegni di linea nel tratto superiore potrà essere necessaria la posa di locali drenaggi limitati a tubi drenanti con calza in tessuto non tessuto, a protezione delle opere di fondazione.

9.5 - CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE

→ Particolare cura dovrà essere rivolta al ripristino del regime idraulico superficiale, attuato mediante un'accurata raccolta e gestione delle acque e successivo allontanamento delle stesse nei collettori esistenti, evitando infiltrazioni nel sottosuolo incontrollate.

9.6 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

→ In considerazione delle caratteristiche geologiche dei siti in relazione al valore del parametro Vs 30 ottenuto dalle indagini geofisiche condotte si definiscono i contesti geotecnici in oggetto come:

Stazione di valle MASW 1: Vs30 = 645 m/s → Classe di suolo "B" "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, 30 > 50, nei terreni a grana grossa e cu, 30 >250 kPa nei terreni a grana fina)*".

Stazione di monte MASW 2: Vs della copertura (da 0 a -5.8m) = 274 m/s → Classe di suolo "E" *"Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s)]"*.

9.7 – OPERE DI FONDAZIONE

→ Le opere di fondazione dell'impianto a progetto potranno essere di tipo diretto superficiale impostate direttamente nelle coltri più grossolane più addensate preventivamente costipate e nei litotipi del substrato prequaternario;

→ le quantificazioni in merito all'interazione struttura – terreno dovranno essere affrontate in ottemperanza della normativa vigente D.M. 14/01/2008 «Nuove norme tecniche per le costruzioni» e O.P.C.M. n°3431/2005.

9.8 – STABILITÀ DEI PENDII

→ Le verifiche di stabilità condotte (cfr. Appendice A) hanno fornito i seguenti risultati:

Verifica stabilità rilevato stazione di valle senza falda	Fs=1.50
Verifica stabilità rilevato stazione di valle con falda	Fs=1.34
Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore senza falda	Fs=2.31
Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore con falda	Fs=1.65
Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore senza falda	Fs=2.02
Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore con falda	Fs=1.61
Verifica stabilità complessiva stazione di monte senza falda	Fs=2.14
Verifica stabilità complessiva stazione di monte con falda	Fs=1.57

- La pendenza delle scarpate ricavate nei terreni sciolti in scavo dovrà essere contenuta entro i 36° nelle facies più grossolane e 33° nelle coltri sabbiose limose. Inclinazioni maggiori richiederanno la messa in opera di manufatti di contenimento. La presenza di roccia in posto potrà giustificare inclinazioni maggiori che tuttavia non dovranno superare i 55°;

- la formazione di rilevati dovrà essere preceduta dalla predisposizione di un cassonetto d'appoggio inclinato verso monte e i materiali costituenti il corpo del rilevato dovranno essere costipati a strati successivi (spessore massimo 0.70-0.80 m).

LAVORI DI SCAVO CONTENUTI DEL DPR n°164/56 (al capo III):

Per quanto concerne i lavori di scavo si rammenta quanto contenuto nel DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, N. 81 - Testo coordinato con il Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 (Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro), nella Sezione III, Scavi e fondazioni, con quanto riportato all'Art. 118 (Splateamento e sbancamento):

Splateamento e sbancamento (art.12)

1) "nei lavori di splateamento e sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1.50 è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

2) Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazioni, di gelo o disgelo, o per altri motivi siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura od al consolidamento del terreno.

3) Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

4) ……Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo od alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dell'escavo."

Deposito di materiali in prossimità degli scavi (Art.14)

"E' vietato costituire deposito di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature."

APPENDICE A - RISULTATI VERIFICHE DI STABILITÀ

Nell'ambito delle valutazioni condotte è stata affrontata la verifica di stabilità delle sezioni significative presso le stazioni di valle e di monte tenendo conto della sistemazione definitiva con gli interventi realizzati.

Le verifiche mettono in evidenza generali condizioni di stabilità secondo le ipotesi considerate, con valori di Fs superiori a 1.3. Per la stazione di valle risulta particolarmente importante il drenaggio delle acque d'infiltrazione poichè la presenza della falda idrica comporta una riduzione significati con valori.

Le ipotesi di lavoro hanno considerato

- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di valle senza falda Fs=1.50
- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di valle con falda Fs=1.34
- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore senza falda Fs=2.31
- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore con falda Fs=1.656
- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore senza falda Fs=2.02
- ✓ Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore con falda Fs=1.611
- ✓ Verifica stabilità complessiva stazione di monte senza falda Fs=2.14
- ✓ Verifica stabilità complessiva stazione di monte con falda Fs=1.57

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:

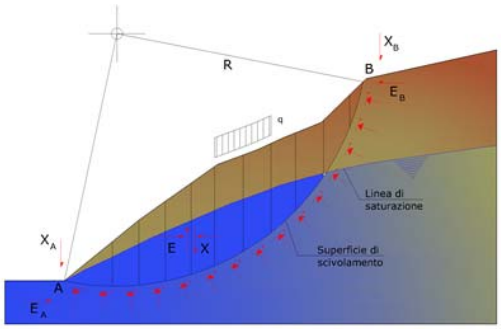
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (j), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido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

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

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

$$F = \tau_f / \tau$$

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 Ni agenti sulla base di ciascun concio;
n valori delle forze di taglio alla base del concio Ti;
(n-1) forze normali Ei agenti sull'interfaccia dei conci;
(n-1) forze tangenziali Xi agenti sull'interfaccia dei conci;
n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle Ei;
(n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle Xi;
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.

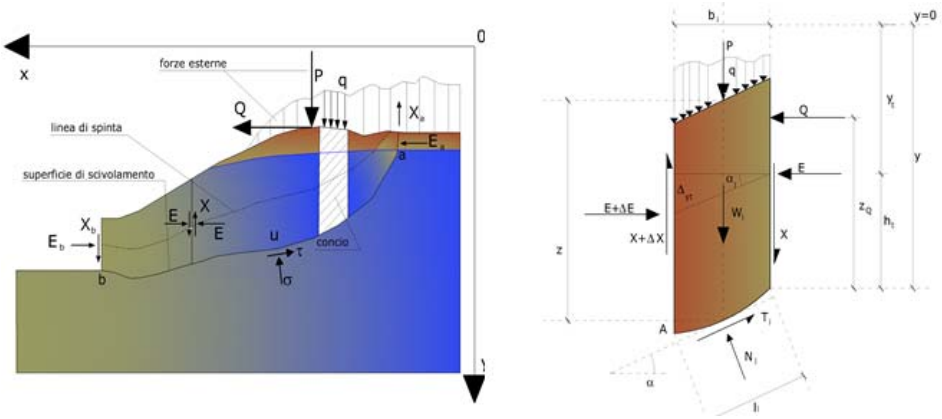
Totale numero di equazioni 4n.
Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

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

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

Metodo di Janbu (1967)
Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

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

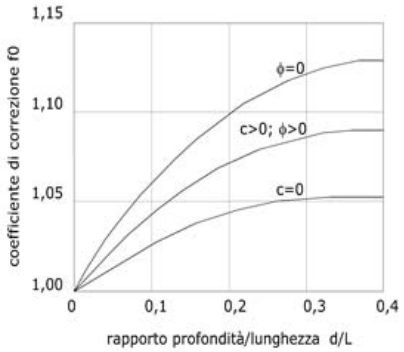


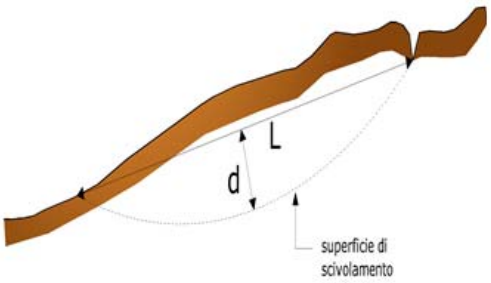
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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

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

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





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:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- 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.

Verifica stabilità rilevato stazione di valle senza falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	9.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	38.07 m
Ascissa vertice destro superiore xs	29.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	56.89 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.029
Coefficiente azione sismica verticale	0.014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	20.8	18.9
4	34.9	18.9
5	41.0	18.9
6	46.8	22.9
7	50.7	24.1
8	52.1	24.5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	18.3	11.7
4	23.3	11.7
5	25.9	18.9
6	34.9	18.9
7	41.0	18.9
8	46.8	22.9
9	50.7	24.1
10	52.1	24.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	18.3	11.7
4	23.3	11.7
5	24.5	15.0
6	34.9	18.9
7	41.0	18.9
8	46.8	22.9
9	50.7	24.1
10	52.1	24.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1.67
2	34.9	15.0
3	52.1	20.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

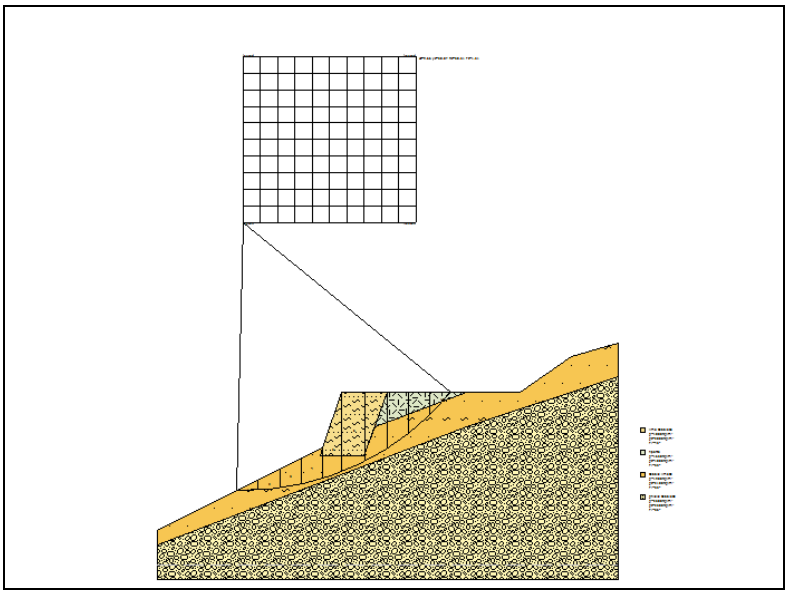
Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	1	0	45	1800	2000	limo sabbioso	
2	0	0	33	1650	1800	riporto	
3	0	0	33	1900	2100	sabbia limosa	
4	0	0	36	2300	2500	ghiaia sabbiosa	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.51
Ascissa centro superficie	9.66 m
Ordinata centro superficie	38.07 m
Raggio superficie	30.31 m

xc = 9.657 yc = 38.069 Rc = 30.312 Fs=1.508

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.42	0.9	2.42	2804.84	81.34	39.27	0.0	33.0	0.0	2782.1	1437.4
2	2.42	5.5	2.43	7746.35	224.64	108.45	0.0	33.0	0.0	7413.1	3847.2
3	2.42	10.1	2.46	11785.01	341.77	164.99	0.0	33.0	0.0	10960.1	5751.4
4	2.41	14.8	2.49	14794.02	429.03	207.12	0.0	33.0	0.0	13463.7	7193.9
5	2.2	19.4	2.33	25360.54	735.46	355.05	0.0	33.0	0.0	22750.7	12457.2
6	2.66	24.3	2.91	40761.55	1182.09	570.66	0.0	33.0	0.0	36264.5	20558.4
7	2.42	29.7	2.79	31873.71	924.34	446.23	0.0	33.0	0.0	28343.2	16858.2
8	2.42	35.1	2.96	24120.26	699.49	337.68	0.0	33.0	0.0	21631.4	13666.1
9	2.42	41.0	3.21	15971.02	463.16	223.59	0.0	33.0	0.0	14602.6	9991.8
10	2.42	47.4	3.58	5734.43	166.3	80.28	0.0	33.0	0.0	5424.2	4139.0



Verifica stabilità rilevato stazione di valle con falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	9.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	38.07 m
Ascissa vertice destro superiore xs	29.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	56.89 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.029
Coefficiente azione sismica verticale	0.014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	20.8	18.9
4	34.9	18.9
5	41.0	18.9
6	46.8	22.9
7	50.7	24.1
8	52.1	24.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0.18	2.37
2	14.2	8.93
3	25.68	13.22
4	39.55	18.01
5	51.92	22.3

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	18.3	11.7
4	23.3	11.7
5	25.9	18.9
6	34.9	18.9
7	41.0	18.9
8	46.8	22.9
9	50.7	24.1
10	52.1	24.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	3.3
2	18.6	12.6
3	18.3	11.7
4	23.3	11.7
5	24.5	15.0
6	34.9	18.9
7	41.0	18.9
8	46.8	22.9
9	50.7	24.1
10	52.1	24.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1.67
2	34.9	15.0
3	52.1	20.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	1	0	45	1800	2000	limo sabbioso	
2	0	0	33	1650	1800	riporto	
3	0	0	33	1900	2100	sabbia limosa	
4	0	0	36	2300	2500	ghiaia sabbiosa	

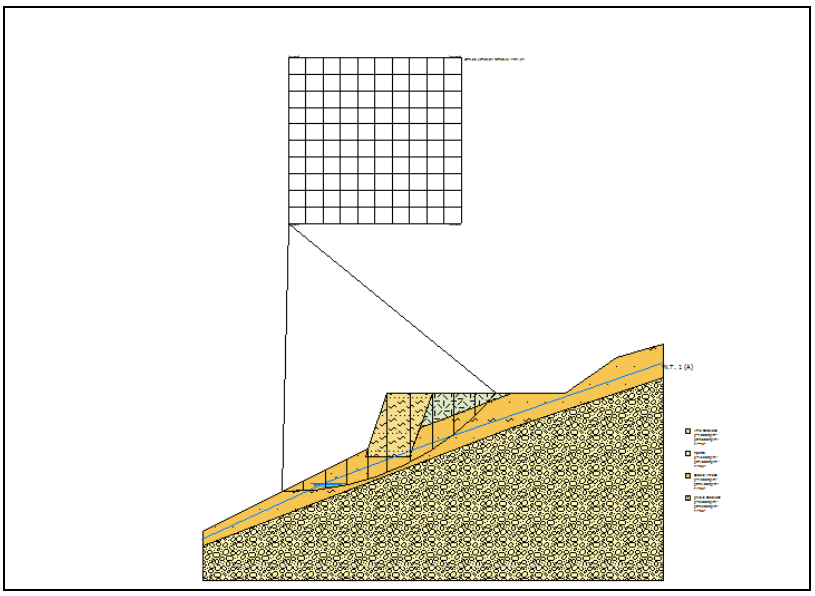
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.34
Ascissa centro superficie	9.66 m
Ordinata centro superficie	38.07 m
Raggio superficie	30.31 m

xc = 9.657 yc = 38.069 Rc = 30.312 Fs=1.345

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.42	0.9	2.42	2804.84	81.34	39.27	0.0	33.0	0.0	2779.4	1610.1

2	2.42	5.5	2.43	7885.48	228.68	110.4	0.0	33.0	695.7	6841.1	3980.9
3	2.42	10.1	2.46	12268.35	355.78	171.76	0.0	33.0	2416.7	9069.1	5336.2
4	2.41	14.8	2.49	15448.17	448.0	216.27	0.0	33.0	3270.8	10923.2	6544.3
5	2.2	19.4	2.33	26025.1	754.73	364.35	0.0	33.0	3322.8	19993.5	12275.1
6	2.66	24.3	2.91	41528.57	1204.33	581.4	0.0	33.0	3835.1	32782.4	20838.0
7	2.42	29.7	2.79	32408.89	939.86	453.72	0.0	33.0	2675.9	25729.2	17159.2
8	2.42	35.1	2.96	24332.19	705.63	340.65	0.0	33.0	1059.7	20217.3	14321.6
9	2.42	41.0	3.21	15971.02	463.16	223.59	0.0	33.0	0.0	14073.9	10797.9
10	2.42	47.4	3.58	5734.43	166.3	80.28	0.0	33.0	0.0	5197.6	4446.9



Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore senza falda

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-3.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	72.77 m
Ascissa vertice destro superiore xs	25.97 m
Ordinata vertice destro superiore ys	96.54 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0288
Coefficiente azione sismica verticale 0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6
11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7

9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

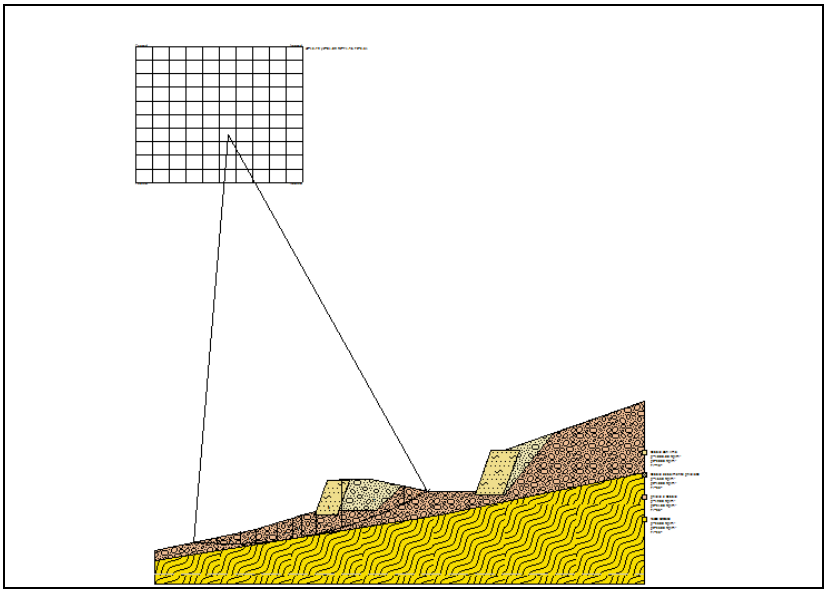
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.31
Ascissa centro superficie	12.79 m
Ordinata centro superficie	81.09 m
Raggio superficie	71.46 m

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

xc = 12.789 yc = 81.087 Rc = 71.464 Fs=2.31

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4.09	-3.1	4.1	4518.27	130.13	65.06	0.0	30.2	0.0	4600.8	1390.7
2	4.09	0.2	4.09	12180.94	350.81	175.41	0.0	30.2	0.0	12170.6	3673.4
3	2.66	2.9	2.66	11127.91	320.48	160.24	0.0	30.2	0.0	10975.7	3316.9
4	3.7	5.4	3.72	19720.31	567.95	283.97	0.0	30.2	0.0	19256.7	5838.4
5	2.8	8.1	2.83	17673.25	508.99	254.49	0.0	30.2	0.0	17118.2	5218.2
6	1.5	9.8	1.52	10358.02	298.31	149.16	0.0	30.2	0.0	9990.6	3060.1
7	2.6	11.5	2.65	19263.52	554.79	277.39	0.0	30.2	0.0	18521.7	5704.3
8	4.4	14.4	4.54	70531.3	2031.3	1015.65	0.0	30.2	0.0	67583.9	21056.3
9	11.0	20.9	11.78	122048.0	3514.98	1757.49	0.0	30.2	0.0	117142.9	37848.4
10	4.09	27.5	4.62	11969.58	344.72	172.36	0.0	30.2	0.0	11661.3	3967.4



Verifica stabilità rilevato stazione di monte inferiore con falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-3.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	72.77 m
Ascissa vertice destro superiore xs	25.97 m
Ordinata vertice destro superiore ys	96.54 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0288
Coefficiente azione sismica verticale 0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	7.89
2	0.96	8.09
3	8.53	9.64
4	21.93	11.97
5	28.93	14.3
6	33.0	15.66
7	39.22	18.19
8	46.6	18.38
9	55.54	18.58
10	61.56	18.58
11	64.47	22.66
12	70.3	25.96
13	77.29	29.07
14	82.73	31.4
15	86.03	32.37

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6
11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7
9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

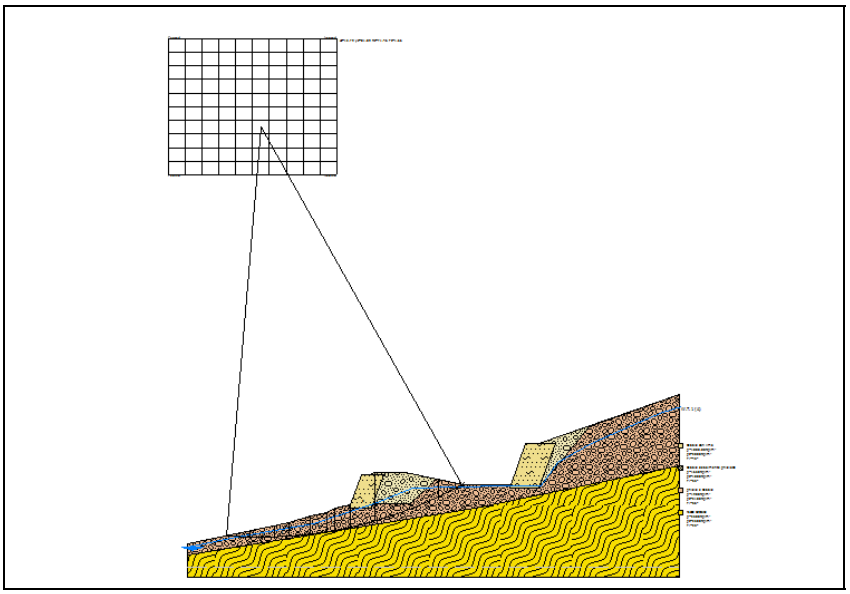
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.66
Ascissa centro superficie	12.79 m
Ordinata centro superficie	81.09 m
Raggio superficie	71.46 m

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

xc = 12.789 yc = 81.087 Rc = 71.464 Fs=1.656

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4.09	-3.1	4.1	4518.27	130.13	65.06	0.0	30.2	0.0	4631.4	1953.9
2	4.09	0.2	4.09	12829.47	369.49	184.74	0.0	30.2	3242.6	9575.4	4033.6
3	2.66	2.9	2.66	11818.84	340.38	170.19	0.0	30.2	3454.6	8201.4	3459.1
4	3.7	5.4	3.72	20916.19	602.39	301.19	0.0	30.2	5979.4	14426.4	6104.4
5	2.8	8.1	2.83	18756.69	540.19	270.1	0.0	30.2	5417.2	12714.5	5409.3
6	1.5	9.8	1.52	11051.71	318.29	159.14	0.0	30.2	3468.5	7173.6	3066.6
7	2.6	11.5	2.65	20619.11	593.83	296.92	0.0	30.2	6778.0	13011.0	5592.5
8	4.4	14.4	4.54	73150.63	2106.74	1053.37	0.0	30.2	13096.6	55956.9	24331.3
9	11.0	20.9	11.78	128448.9	3699.33	1849.66	0.0	30.2	38289.3	83136.2	37488.2
10	4.09	27.5	4.62	12532.63	360.94	180.47	0.0	30.2	2815.2	8984.7	4266.2



Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore senza falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	57.45 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	50.25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	86.73 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.02 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: B
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0288
Coefficiente azione sismica verticale 0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6
11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7
9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

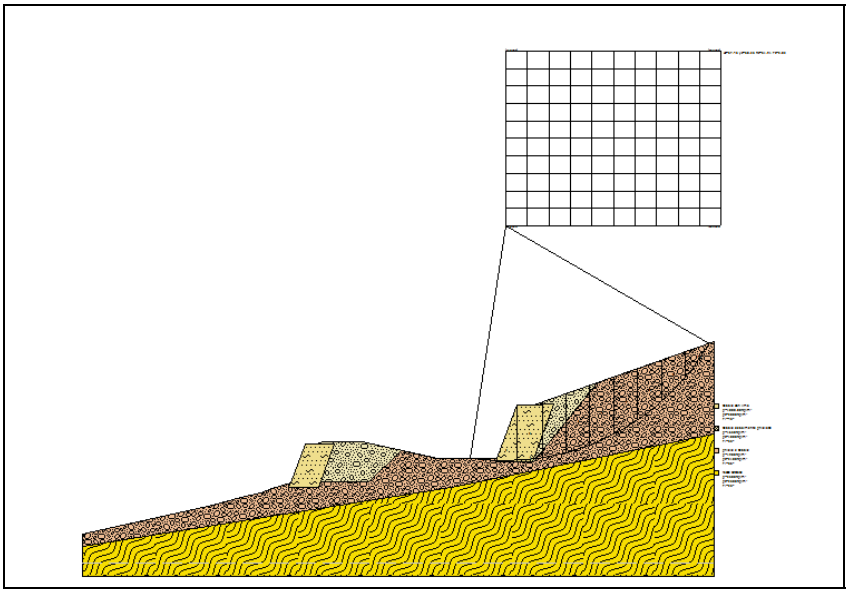
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.02
Ascissa centro superficie	57.45 m
Ordinata centro superficie	50.25 m
Raggio superficie	31.91 m

xc = 57.453 yc = 50.253 Rc = 31.913 Fs=2.023

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.24	-5.7	3.26	1251.56	36.04	18.02	0.0	30.2	0.0	1302.5	451.1
2	2.99	-0.1	2.99	18411.38	530.25	265.12	0.8	38.7	0.0	18444.6	22916.1
3	3.5	5.8	3.51	46562.04	1340.99	670.49	0.8	38.7	0.0	43059.8	37282.0
4	3.24	11.9	3.31	44224.28	1273.66	636.83	0.0	30.2	0.0	42136.7	14840.9

5	3.24	17.9	3.41	48266.11	1390.06	695.03	0.0	30.2	0.0	45640.2	16532.2
6	3.24	24.2	3.55	49484.23	1425.15	712.57	0.0	30.2	0.0	46973.2	17745.1
7	3.24	30.7	3.77	46141.54	1328.88	664.44	0.0	30.2	0.0	44553.5	17867.0
8	3.24	37.8	4.1	39580.52	1139.92	569.96	0.0	30.2	0.0	39529.6	17246.8
9	3.24	45.7	4.64	28853.22	830.97	415.49	0.0	30.2	0.0	30522.1	15054.6
10	3.24	54.9	5.64	12029.74	346.46	173.23	0.0	30.2	0.0	14038.3	8415.8



Verifica stabilità rilevato stazione di monte superiore con falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	57.45 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	50.25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	86.73 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.02 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0288
Coefficiente azione sismica verticale 0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	7.89
2	0.96	8.09
3	8.53	9.64
4	21.93	11.97
5	28.93	14.3
6	33.0	15.66
7	39.22	18.19
8	46.6	18.38
9	55.54	18.58
10	61.56	18.58
11	64.47	22.66
12	70.3	25.96
13	77.29	29.07
14	82.73	31.4
15	86.03	32.37

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6

11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7
9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

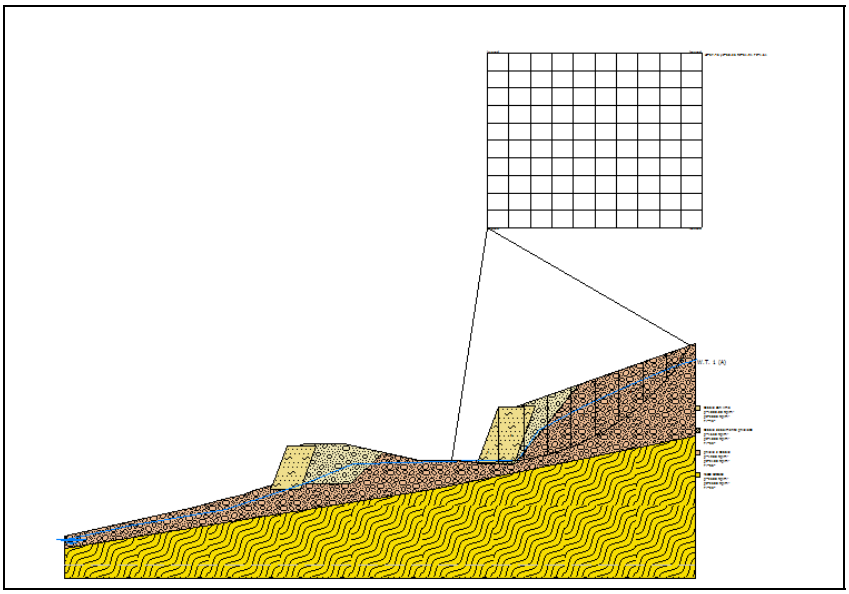
Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.61
Ascissa centro superficie	57.45 m
Ordinata centro superficie	50.25 m
Raggio superficie	31.91 m

xc = 57.453 yc = 50.253 Rc = 31.913 Fs=1.611

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.24	-5.7	3.26	1285.88	37.03	18.52	0.0	30.2	171.6	1170.3	509.2
2	2.99	-0.1	2.99	18553.62	534.34	267.17	0.8	38.7	0.0	18595.5	28876.5
3	3.5	5.8	3.51	46616.48	1342.55	671.28	0.8	38.7	0.0	42208.1	46322.6
4	3.24	11.9	3.31	46114.73	1328.1	664.05	0.0	30.2	9726.7	34079.9	15078.2
5	3.24	17.9	3.41	51091.25	1471.43	735.71	0.0	30.2	14125.7	34079.1	15506.7
6	3.24	24.2	3.55	52671.02	1516.93	758.46	0.0	30.2	15934.0	33715.9	15999.8
7	3.24	30.7	3.77	49174.02	1416.21	708.11	0.0	30.2	15162.4	31469.4	15853.0
8	3.24	37.8	4.1	42119.93	1213.05	606.53	0.0	30.2	12697.0	27877.7	15279.0
9	3.24	45.7	4.64	30431.46	876.43	438.21	0.0	30.2	7891.2	22350.7	13848.3
10	3.24	54.9	5.64	12029.74	346.46	173.23	0.0	30.2	0.0	12946.8	9749.8



Verifica stabilità complessiva stazione di monte senza falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	18.24 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	83.45 m
Ascissa vertice destro superiore xs	47.53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	107.22 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: B
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0288
Coefficiente azione sismica verticale 0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6
11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7
9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

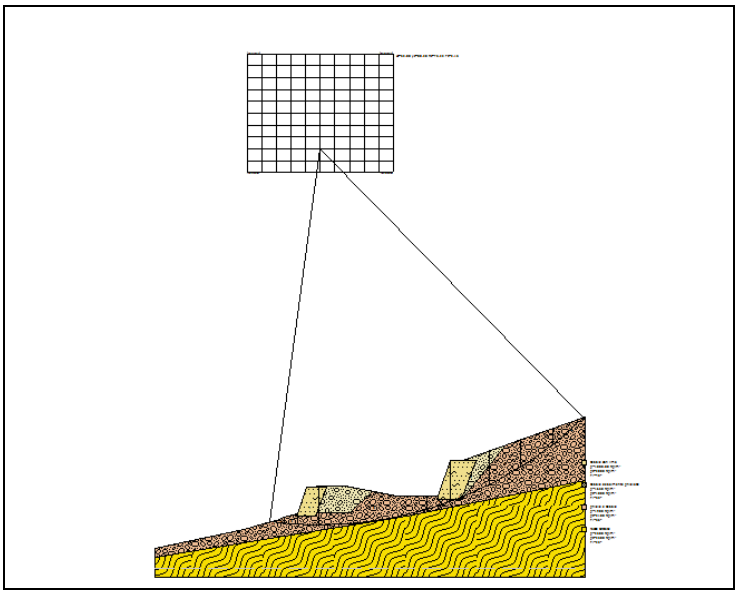
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.15
Ascissa centro superficie	32.88 m
Ordinata centro superficie	88.2 m
Raggio superficie	75.22 m

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

xc = 32.884 yc = 88.204 Rc = 75.222 Fs=2.147

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.37	-7.2	1.38	679.58	19.57	9.79	0.0	30.2	0.0	714.0	233.8
2	1.5	-6.1	1.51	2560.67	73.75	36.87	0.0	30.2	0.0	2666.9	871.2
3	2.6	-4.5	2.61	8583.71	247.21	123.61	0.0	30.2	0.0	8835.4	2879.0
4	4.4	-1.8	4.4	60775.33	1750.33	875.16	0.0	30.2	0.0	61439.1	19968.9
5	21.45	8.1	21.67	244116.8	7030.56	3515.28	0.0	30.2	0.0	235650.8	77331.8
6	4.75	18.3	5.0	22318.17	642.76	321.38	0.0	30.2	0.0	21226.6	7264.1
7	7.78	23.5	8.48	95317.53	2745.15	1372.57	0.0	30.2	0.0	91068.7	32251.4
8	6.26	29.4	7.19	74362.86	2141.65	1070.83	0.0	30.2	0.0	72158.7	26916.5
9	6.26	35.1	7.66	53601.37	1543.72	771.86	0.0	30.2	0.0	53336.7	21177.0
10	6.26	41.2	8.32	21356.91	615.08	307.54	0.0	30.2	0.0	22097.2	9538.4



Verifica stabilità complessiva stazione di monte con falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.2451442030807/7.7708266805412
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	18.24 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	83.45 m
Ascissa vertice destro superiore xs	47.53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	107.22 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:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.3	2.47	0.19
S.L.D.	50.0	0.38	2.54	0.21
S.L.V.	475.0	0.98	2.55	0.3
S.L.C.	975.0	1.28	2.54	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.5472	0.2	0.0112	0.0056
S.L.V.	1.4112	0.2	0.0288	0.0144
S.L.C.	1.8432	0.24	0.0451	0.0226

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0288
Coefficiente azione sismica verticale	0.0144

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	30.2	20.6
8	31.7	20.6
9	32.7	20.9
10	37.9	20.9
11	48.2	18.7
12	56.3	18.7
13	58.9	25.9
14	61.2	25.9
15	85.7	34.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	7.89
2	0.96	8.09
3	8.53	9.64
4	21.93	11.97
5	28.93	14.3
6	33.0	15.66
7	39.22	18.19
8	46.6	18.38
9	55.54	18.58
10	61.56	18.58
11	64.47	22.66
12	70.3	25.96
13	77.29	29.07
14	82.73	31.4
15	86.03	32.37

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2

3	21.4	13.3
4	24.2	14.0
5	25.7	14.6
6	28.3	15.3
7	28.0	14.7
8	32.0	14.7
9	34.2	20.6
10	31.7	20.6
11	32.7	20.9
12	37.9	20.9
13	48.2	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.1
16	61.1	18.1
17	64.0	26.0
18	61.2	25.9
19	85.7	34.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	8.4
2	17.7	12.2
3	17.7	12.2
4	21.4	13.3
5	24.2	14.0
6	25.7	14.6
7	28.3	15.3
8	28.0	14.7
9	32.0	14.7
10	32.3	15.4
11	38.9	15.5
12	43.3	19.7
13	48.0	18.7
14	56.3	18.7
15	56.1	18.15
16	61.17	18.15
17	69.86	28.94
18	85.7	34.5

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.6
2	50.1	14.7
3	85.7	22.0

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	1		45	1800.00	2000	sabbia con limo	
2	0	0	33	1650	1800	sabbia debolmente ghiaiosa	
3	0	0	36	1900	2100	ghiaia e sabbia	
4	2	0	25	2300	2500	rocce scistose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2					
3					
4					

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.58
Ascissa centro superficie	32.88 m
Ordinata centro superficie	88.2 m
Raggio superficie	75.22 m

xc = 32.884 yc = 88.204 Rc = 75.222 Fs=1.577

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.37	-7.2	1.38	679.58	19.57	9.79	0.0	30.2	0.0	725.2	323.2
2	1.5	-6.1	1.51	2560.67	73.75	36.87	0.0	30.2	0.0	2701.8	1201.5
3	2.6	-4.5	2.61	8815.12	253.88	126.94	0.0	30.2	1157.0	7957.8	3530.1
4	4.4	-1.8	4.4	62367.7	1796.19	898.09	0.0	30.2	7961.8	55207.8	24427.2
5	21.45	8.1	21.67	263726.1	7595.31	3797.66	0.0	30.2	98046.4	157408.1	70320.3
6	4.75	18.3	5.0	24024.79	691.91	345.96	0.0	30.2	8473.8	14288.8	6656.7
7	7.78	23.5	8.48	97010.99	2793.92	1396.96	0.0	30.2	8748.2	80723.4	38917.4
8	6.26	29.4	7.19	78138.65	2250.39	1125.2	0.0	30.2	18879.0	54454.7	27652.3
9	6.26	35.1	7.66	55987.91	1612.45	806.23	0.0	30.2	11932.7	41079.0	22203.6
10	6.26	41.2	8.32	21356.91	615.08	307.54	0.0	30.2	0.0	20460.9	12023.4

