

REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA



COMUNE DI MACUGNAGA

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

D.M 17 gennaio 2018

*"Aggiornamento delle norme tecniche
per le costruzioni"*

L.R. 45 del 09 agosto 1989

*"Nuove norme per gli interventi da eseguire in
terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Committente:

Consorzio
Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Data:

Febbraio 2019



STUDIO GEOLOGICO MARANGON

Via Bonomelli N°16
28845 Domodossola (VB)
tel. +39 0324 249100 fax. +39 0324 249100
e-mail: marageo@libero.it

Il tecnico
Dott. Geol. Paolo Marangon

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

INDICE

1. PREMESSA	2
1.1 <i>Rapporti rispetto al quadro programmatico di settore</i>	2
1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. RELAZIONE GEOLOGICA	3
2.1 CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	3
2.1.1 ANALISI DEI LINEAMENTI STRUTTURALI NELL'AREA DI STUDIO	5
2.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI	5
2.2.1 GEOMORFOLOGIA LOCALE	6
2.3 CONSIDERAZIONI SUI FENOMENI VALANGHIVI NELL'AREA IN ESAME	7
2.4 IDROLOGIA	7
2.4.1 IDROLOGIA SUPERFICIALE	7
2.4.2 IDROLOGIA SOTTERRANEA	8
2.5 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI	9
3. RELAZIONE GEOTECNICA	9
3.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	9
3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO	10
3.1.2 SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE	11
3.1.3 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO	12
3.1.3.1 Categoria di sottosuolo	13
3.1.3.2 Amplificazione stratigrafica	14
3.1.3.3 Amplificazione topografica	14
3.1.4 ACCELERAZIONE MASSIMA DI PROGETTO	15
3.2 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	15
3.2.1 MOVIMENTAZIONE DI MATERIALE	15
3.2.2 ANALISI DEI VINCOLI E DEL P.R.G.C.	15
3.3 CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO	17
3.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	17
3.5 ANALISI DI STABILITA' GLOBALE	19
3.5.1 CENNI METODOLOGICI	20
3.5.2 IMPOSTAZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO	21
3.5.3 RISOLUZIONE CON I METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE: metodo di Bishop (semplificato)	23
3.5.4 RISULTATI DI CALCOLO	24
4. DIMENSIONAMENTO DELLE CUNETTE	26
5. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI	28
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	30

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

1. PREMESSA

La presente relazione ed i relativi elaborati grafici sono a corredo del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica per la realizzazione di una strada per la frazione Stabioli, nel territorio del comune di Macugnaga (VB), da eseguirsi da parte del Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli, con progetto dello studio IngeoArt con sede a Villadossola (VB).

L'indagine effettuata si è posta l'obiettivo di evidenziare le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area lungo la quale è prevista la realizzazione dell'opera, nonché stabilire i parametri geotecnici e geomeccanici e valutare le condizioni di equilibrio dei terreni di imposta.

A tale scopo ci si è procurati una serie di dati bibliografici e la cartografia della zona e, dopo averne preso visione, è stata eseguita una dettagliata analisi, la quale ha permesso di evincere i caratteri geologici generali.

A questa fase ha fatto seguito una fase di rilievo, al fine di osservare le caratteristiche geomorfologiche dello stesso, nonché ricavare i dati tecnici essenziali per stabilire la fattibilità dell'opera.

I risultati ottenuti hanno permesso di valutare la compatibilità dell'opera con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio interessato secondo quanto previsto dalla legislazione vigente, ponendo particolare attenzione alla stabilità del terreno di imposta e valutando, inoltre, l'incidenza della scelta progettuale nei confronti di un ottimale inserimento nel contesto ambientale ed idrogeologico.

1.1 Rapporti rispetto al quadro programmatico di settore

Il Comune di Macugnaga è dotato di P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i., approvato con Delibera della Giunta Regionale del 25/03/2002 n° 1-5187, nonché da P.R.G.C. in adeguamento al P.A.I.

Il territorio interessato dalla realizzazione dell'impianto in progetto è sottoposto ai vincoli della L.R. 45/89 e s.m.i. e del D.Lgs. 42/04.

Inoltre, il territorio interessato non rientra in nessuna tipologia di aree protette o vincolate a livello locale, regionale e statale.

Dalla consultazione della cartografia delle aree in dissesto del Piano di Assetto Idrogeologico - Foglio 072 IV "Ceppo Morelli", si rileva che il settore in sponda

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

idrografica sinistra del torrente Anza, laddove è prevista l'imposta della strada di collegamento con la frazione Stabioli, non presenta aree a rischio.

Il P.R.G.C. adottato, redatto in adeguamento al P.A.I., ha segnalato un conoide quiescente a monte del centro abitato di Stabioli e un'area di valanga terminante in prossimità dell'imbocco della strada in progetto, non interferente, comunque, con il tracciato.

1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è ubicata nell'alta Valle Anzasca, lungo il settore territoriale compreso tra la Località Campioli e la Località Pestarena, nel territorio del Comune di Macugnaga (VB).

Topograficamente l'intervento è localizzato sulla tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 "Macugnaga" IV N.O. - Foglio 30 della Carta d'Italia, nonché sulla carta tecnica regionale CTR in scala 1: 10.000 – sezione n° 072010 "Ceppo Morelli"; le quote altimetriche interessate dalle opere previste sono approssimativamente comprese tra i 980 metri s.l.m. circa (zona opera di presa su torrente Anza) e i 1100 metri s.l.m. circa.

2. RELAZIONE GEOLOGICA**2.1 CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

Ai fini di tale inquadramento è stato assunto, quale riferimento il foglio n° 30 "Varallo" dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, nonché cartografie tematiche dell'area a scala di maggiore dettaglio.

L'area in esame fa parte delle complesse strutture inserite nelle formazioni metamorfiche delle Pennidi che formano la zona geologicamente nota anche come "Ossola". La zona in oggetto si colloca all'interno della Falda del Monte Rosa, appartenente alla Serie dei ricoprimenti pennidici superiori. La Falda del Monte Rosa è costituita da predominante ortogneiss, con subordinati micascisti ed anfiboliti, e mostra una tipica struttura interna ad antiforme; tale unità può essere schematicamente distinta in tre complessi:

- ❖ gneiss occhiadini di Macugnaga;
- ❖ paragneiss e micascisti di Vanzone;
- ❖ formazione Pozzoli.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Mineralogicamente si riconoscono due complessi litologici prealpini: i granitoidi intrusivi di età carbonifera ed i paragneiss metapelitici a metamorfismo pregranitico di alto grado. Successivamente il metamorfismo polifasico alpino ha trasformato i primi litotipi in granitoidi massicci e in gneiss occhiadini; i secondi in micascisti a due miche a granato e albite. Le intercalazioni di antiche metabasiti sono state trasformate in eclogiti eoalpine.

In particolare detti affioramenti derivano dal metamorfismo polifasico alpino che ha trasformato i granitoidi intrusivi di età carbonifera in metagranitoidi massicci ed in gneiss occhiadini e sono costituiti da uno gneiss ghiandone compatto a grana medio-grossa, con grossi fenocristalli di feldspato potassico aventi forme allungate e concordanti generalmente con la scistosità.

Le citate unità formazionali che compongono tutta la vasta area al contorno della zona di intervento, rientrano nelle unità della Falda del Monte Rosa del Pennidico Superiore (Falde Europa-vergenti).

Dette formazioni formano un complesso di terreni molto antichi e molto tormentati, piegati durante l'orogenesi alpina (Terziario) e localizzati alla base dell'intero sistema di falde caratterizzante l'area alpina.

La struttura geologica venutasi a formare, è costituita dalla sovrapposizione di grandi pieghe coricate aventi radice verso Sud-Est e fronte verso Nord-Ovest, accavallatesi le une sulle altre sopra il basamento cristallino indeformato.

Nello specifico, la Falda del Monte Rosa costituisce l'unità superiore pennidica ed è formata da parascisti polimetamorfici dominanti nel fondovalle e diffusi sulle testate delle creste, e da gneiss occhiadini dominanti nei versanti alle quote più elevate. Tali rocce appartengono all'originario basamento metamorfico ercinico e da subordinati corpi intrusivi, e conferiscono alla falda una natura composita.

La Falda del Monte Rosa corrisponde a quello che costituiva il fondo delle pareti centrali dell'originario bacino oceanico; in parte comprendono litosfera oceanica (Pennidi Superiori), in parte crosta continentale per lo più assottigliata e la sua copertura sedimentaria che bordava la litosfera oceanica.

Le Falde Pennidiche Superiori formano i massicci montuosi del Monte Rosa e del Castore in Val d'Ossola. La culminazione assiale dell'Ossola-Ticino consente di osservare il substrato tettonico del Monte Rosa, che è costituito da una sottile e continua fascia ofiolitica nota come Zona di Antrona.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

2.1.1 ANALISI DEI LINEAMENTI STRUTTURALI NELL'AREA DI STUDIO

Lo studio morfologico e strutturale dell'area è stato supportato da un'analisi delle riprese aeree, dalla quale si evince come, alcuni collettori di deflusso risultano impostati in corrispondenza di morfostrutture e lineamenti strutturali piuttosto evidenti.

Inoltre, nel settore territoriale in esame, sono osservabili dalle riprese aeree strutture morfotettoniche orientate circa E-W, rappresentate da sistemi di faglia sub-paralleli che interessano gli gneiss occhiadini.

Su ampia scala, i lineamenti strutturali hanno quindi delineato le vie preferenziali del deflusso superficiale, con tendenza progressiva all'approfondimento dell'alveo.

In epoche successive, sono poi intervenute ulteriori lineamenti tettonici che hanno contribuito alla variazione dell'assetto morfologico dei collettori di deflusso; in particolare si osserva la presenza di lineamenti di drenaggio che hanno subito brusche deviazioni localizzate con prevalente movimento trascorrente, determinato da faglie di svincolo.

2.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI

La morfologia della valle è stata principalmente modellata dai fenomeni glaciali che si sono avuti durante il Quaternario. Tali fenomeni si sono manifestati mediante l'opera modellatrice che ha fatto assumere alla valle la tipica morfologia ad U.

Con il ritiro dei ghiacciai, ha avuto luogo la deposizione dei depositi morenici sia lungo le pendici rocciose che nel fondovalle. In un'area in quota come quella in analisi sono spesso ben osservabili le azioni dei ghiacci, con particolare riferimento ai ghiacciai attuali, dove si osservano morene frontali e laterali ben evidenti, e le zone ormai abbandonate dal ghiacciaio, con tipiche creste anfiteatri morenici e circhi glaciali.

Inoltre, gli effetti dell'erosione glaciale sono visibili sia nella parte terminale dei principali rilievi, le cui vette hanno assunto una forma piramidale, sia nelle testate delle valli minori, presentando queste incisioni ad anfiteatro con pareti molto ripide limitate da soglie poste a quote molto inferiori.

La fine dell'era glaciale, ed il clima tipicamente alpino, hanno permesso lo sviluppo della rete idrografica, la quale ha inciso sia le pendici rocciose che i depositi morenici, modellando i quali ha adattato il territorio secondo le nuove esigenze ambientali.

Un'influenza determinante nella disgregazione dei versanti è stata data dagli

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

agenti meteorici, i quali ampliando e allargando le fratture dell'ammasso roccioso hanno causato la formazione di importanti accumuli di detrito di versante e di falda.

Il detrito di falda così formatosi, in particolar modo lungo le pendici a media ed alta acclività, si è depositato al di sopra dei depositi morenici, talora intercalandosi a questi o sostituendoli in aree nelle quali l'azione dell'acqua ha causato una preventiva erosione del suolo, portando direttamente a giorno il substrato roccioso.

I depositi di più recente formazione sono invece in gran parte costituiti dal detrito torrentizio presente lungo i principali collettori di deflusso delle acque superficiali, e con particolare riferimento al torrente Anza, che scorre sul fondovalle.

2.2.1 GEOMORFOLOGIA LOCALE

L'area specifica di indagine prevalentemente interessata dagli interventi superficiali, risulta collocata nel settore a nord-ovest della Località Pestarena di Macugnaga.

Dal punto di vista lito-morfologico, la zona è caratterizzata da depositi di versante del periodo Quaternario, dove l'assetto morfologico si presenta con pendenze verso circa sud e, con molti terrazzamenti di natura antropica. La potenza di tale copertura è stimabile, mediamente, nell'ordine metrico; in molti punti nell'area di sviluppo del tracciato è visibile il substrato roccioso, questo permette di stimare una ridotta copertura detritica nell'area vasta.

La pendenza del territorio aumenta lievemente e progressivamente sino al settore settentrionale del nucleo abitato e, poco a monte della S.R., il versante, in buona parte roccioso, si eleva talora a forte pendenza.

Inoltre, a monte della Località Pestarena, si rilevano alcuni fenomeni di crollo in roccia, con accumulo alla base in forma di ridotti conii detritici; lo stato di attività dei fenomeni è da ritenersi attivo, anche se il limite di massima invasione potenziale di elementi rocciosi è comunque identificabile nella fascia a monte della Strada Regionale.

Tutta la porzione territoriale a valle del nucleo abitato di Stabioli degrada con acclività moderata sino al salto morfologico che dà sulla Strada Regionale sottostante da cui si dipartirà la strada in progetto, ed il territorio, come già accennato, risulta terrazzato in modo artificiale con orli morfologici disposti su più ordini.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Le unità rocciose che caratterizzano un intorno della zona di indagine sono costituite da prevalenti gneiss occhiadini, appartenenti alle unità della Falda del Monte Rosa.

La Falda del Monte Rosa corrisponde a quello che costituiva il fondo delle pareti centrali dell'originario bacino oceanico; in parte comprendono litosfera oceanica (Pennidi Superiori), in parte crosta continentale per lo più assottigliata e la sua copertura sedimentaria che bordava la litosfera oceanica. Le Falde Pennidiche Superiori formano i massicci montuosi del Monte Rosa e del Castore in Val d'Ossola.

2.3 CONSIDERAZIONI SUI FENOMENI VALANGHIVI NELL'AREA IN ESAME

Per l'analisi della situazione valanghiva dell'area di interesse, è stata condotta un'analisi fotointerpretativa, unitamente alle osservazioni condotte in sede di sopralluogo, dell'area vasta a monte dell'abitato di Pestarena, al fine di individuare potenziali settori interessati da distacchi e scorrimenti di masse nevose.

Inoltre, è stato consultato il materiale bibliografico a disposizione, con particolare riferimento agli elaborati geologici a supporto del P.R.G.C. ed alla carta delle valanghe.

Dallo studio eseguito non sono emerse evidenze di fenomeni valanghivi che interessano direttamente i settori territoriali in cui sono previste le opere di progetto.

Il fenomeno valanghivo più prossimo alla zona di intervento, presso la Località Pestarena, è individuabile lungo l'asta torrentizia del rio Val Rossa, tributario di sinistra del torrente Anza.

La zona di distacco è localizzabile nel settore più elevato del bacino imbrifero del colatore, nella zona di testata dello stesso, nella fascia compresa tra le quote di circa 2500 e 2700 metri s.l.m., mentre lo scorrimento avviene in modo prevalentemente incanalato lungo i segmenti tributari del rio Val Rossa, sino a giungere sul fondovalle lungo l'asta principale. Il fenomeno è abituale e l'accumulo giunge sino all'alveo del torrente Anza, con moderata espansione laterale. L'opera di presa in progetto sarà localizzata a valle del limite massimo di espansione della valanga esaminata.

2.4 IDROLOGIA**2.4.1 IDROLOGIA SUPERFICIALE**

Il collettore principale del reticolato idrografico è rappresentato dal torrente Anza, il quale si è impostato lungo l'asse principale della Valle Anzasca, incidendola profondamente e modellandola in maniera rilevante.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

In tale linea di deflusso confluiscono quindi tutti i corsi d'acqua di ordine inferiore, dei quali i maggiori presentano generalmente un reticolato idrografico omogeneamente distribuito e tipico di una situazione evolutiva giovanile.

Il torrente Anza raccoglie le acque di drenaggio superficiale provenienti dal settore nord-occidentale della testata della Valle Anzasca, limitato a nord dalla Cima dello Schwarzberghorn, a N.W. dalla Cima Jazzi e ad Ovest dallo Jagerhorn.

La brusca curvatura verso Est che l'asta subisce in prossimità dell'abitato di Pecetto, alla base del versante roccioso è presumibilmente da imputarsi all'accumulo del detrito glaciale che ne ha ostacolato l'originario andamento, con successivo sfogo verso est.

In un ristretto intorno del settore territoriale analizzato, invece, si rilevano due linee di impluvio, rispettivamente posizionate ad Ovest ed Est, entrambe tributarie di sinistra del torrente Anza.

La dinamica evolutiva di tali tributari ha portato alla formazione di modeste conoidi di deiezione alluvionale in corrispondenza dello sbocco sul fondovalle.

2.4.2 IDROLOGIA SOTTERRANEA

Nell'ambito del bilancio idrologico le perdite d'acqua per infiltrazione sono limitate alle condizioni di permeabilità secondaria del basamento roccioso (permeabilità dovuta a fratturazione) ed alla permeabilità primaria per porosità delle coperture detritiche.

In funzione delle caratteristiche geolitologiche della coltre di copertura, nonché geomorfologiche del territorio, la circolazione idrica sotterranea, nel suo complesso, risulta piuttosto limitata e discontinua.

Su ampia scala, si rileva come l'area a Nord rispetto alla Località Pestarena sia caratterizzata da pareti rocciose ad elevata pendenza, le quali, in prossimità della fascia di fondovalle, si raccordano con la zona a minore pendenza su cui si insedia il citato nucleo abitato. In tale situazione le acque meteoriche e di infiltrazione tendono a permeare nelle coltri detritiche superficiali, laddove presenti, e ad instaurare una prevalente circolazione in corrispondenza della superficie di interfaccia tra roccia e detrito, alimentando poi la superficie freatica di fondovalle.

Per quanto concerne, appunto, la zona di fondovalle, nello specifico caratterizzata da depositi detritici fluvio-glaciali prevalenti, è verosimile ipotizzare una certa circolazione sotterranea con direzione S.E.-S.S.E. circa, probabilmente non da

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

intendersi come falda ad orizzonte unico ma secondo uno schema di circolazione su più livelli, funzione delle variazioni di permeabilità del materasso fluvio-glaciale.

Ovviamente, su più ampia scala territoriale, non è da escludere una circolazione più profonda delle acque, che può avvenire per porosità secondaria, ovvero lungo fratturazioni e/o fessure della roccia; tale fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche della roccia stessa quali scistosità, grado di fratturazione, etc.

Le fratture del substrato roccioso vengono alimentate sia dalle precipitazioni liquide che dalle precipitazioni nevose che interessano il territorio, con evidenti periodi di magra nei mesi estivi.

2.5 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI

I terreni di imposta delle opere in progetto, sono caratterizzati dalle litologie elencate di seguito; si specifica che i settori territoriali interessati dalla realizzazione della nuova strada in superficie sono rappresentati da depositi di versante terrazzati artificialmente con frequenti affioramenti del substrato roccioso.

Substrato roccioso: la roccia in posto appartiene, come già detto, alla Falda del Monte Rosa, del Pennidico Superiore, rientrando a sua volta nelle Falde Europa-vergenti. I litotipi rilevati sono costituiti da parascisti polimetamorfici e, in sub-ordine, da gneiss occhiadini.

La Falda del Monte Rosa costituisce l'unità superiore pennidica; tali rocce appartengono all'originario basamento metamorfico ercinico e da subordinati corpi intrusivi, e conferiscono alla falda una natura composita.

Depositi di versante: costituiti da clasti e ciottoli eterometrici (di dimensioni che variano da centimetriche a decimetriche), piuttosto spigolosi, spesso con alterazione in patina di colore rossastro, immersi, senza una disposizione preferenziale, in matrice sabbiosa di colore marroncino. Generalmente, questi depositi sono ricoperti da copertura vegetale, e caratterizzati da estensione discontinua e potenze ridotte.

3. RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 distinte fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte del progettista; le tre fasi vengono di seguito esplicitate.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO

La pericolosità sismica di base del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nella vita di riferimento dell'opera V_R . In particolare, le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori di alcuni parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ☞ a_g accelerazione massima sul sito;
- ☞ F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ☞ T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per i 10751 nodi del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano e per 9 valori del periodo di ritorno T_R . Per i punti non ricadenti in corrispondenza dei nodi del reticolo, il valore dei parametri sopra indicati viene ricavato per interpolazione, utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Il primo passo dell'analisi è stato quindi quello di calcolare le coordinate geografiche del sito di intervento in modo da acquisire successivamente le azioni sismiche locali (proprie del sito specifico) sulla base di un reticolo di riferimento.

I parametri sismici del sito sono stati ricavati dalla media ponderata dei i valori noti nei 4 punti di riferimento all'intorno del sito stesso. L'analisi viene svolta con l'utilizzo del software "Spettri NTC", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.

Per gli stati limite di tipo geotecnico (GEO) sotto l'effetto di azioni sismiche, le verifiche di sicurezza da affrontare per le costruzioni con classe d'uso II come quella in esame sono:

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

- ☞ stato limite ultimo SLV con verifica della resistenza del sistema fondazione-terreno, della stabilità dei rilevati, dei muri di sostegno e dei fronti di scavo.
- ☞ stati limite di esercizio SLD con verifica del contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno (cedimenti);

Le elaborazioni effettuate con apposito software in riferimento alle coordinate del sito di intervento, per lo stato limite ultimo SLV forniscono i seguenti dati:

a_{gl}	0,082
F_o	2,542
T_c*	0,293
T_R	475

Le coordinate utilizzate, corrispondenti ad una zona circa baricentrica rispetto allo sviluppo lineare del tracciato in progetto, sono: Lat. 45.967690° – Long. 8.028837 (ED50).

3.1.2 SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

In questa fase vengono definiti i parametri fondamentali di seguito indicati, sulla scorta dei coefficienti che definiscono la tipologia e la classe d'uso dell'opera in progetto.

❖ Vita nominale della costruzione

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella:

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

❖ Coefficiente d'uso della costruzione

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

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI
- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

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

❖ Periodo di riferimento per la costruzione

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

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

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

In riferimento all'intervento in progetto, si sono attribuiti i seguenti parametri:

V_N	Vita nominale	≥ 50 anni
	Classe d'uso	II
C_U	Coefficiente d'uso	1,0
P_{VR}	63% per SLD	
P_{VR}	10% per SLV	

4.3 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

In questa fase di analisi viene definito il valore di progetto dell'azione sismica massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR} .

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Le due componenti orizzontali, ortogonali tra loro, sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.

Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale $\leq 4,0$ s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale a_g , ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di a_g si differenziano al variare della probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento T_R .

❖ Risposta sismica locale

La risposta sismica in ambito strettamente locale viene valutata sulla base dei seguenti parametri:

- ❖ categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E);
- ❖ amplificazione stratigrafica S_s ;
- ❖ amplificazione topografica S_T .

3.1.3.1 *Categoria di sottosuolo*

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n°4-3084 del 12 dicembre 2011 è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie finalizzate alla prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla DGR n. 11-13058 del 19 gennaio 2010.

In riferimento a tale D.G.R. il territorio comunale di Macugnaga (VB) risulta ascritto alla Zona 3, caratterizzata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresa tra 0,05 e 0,15 a_g/g , e da un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15 a_g/g .

L'area di interesse risulta caratterizzata dalla prevalente presenza di depositi di versante, avente sempre spessori di ordine metrico-decimetrico.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Pertanto secondo i criteri elencati al punto 3.1 dell'Allegato 2 dell'O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 e nel D.M. 17/01/2018, si ritiene idoneo e sufficientemente cautelativo identificare i terreni di fondazione in una categoria di suolo assimilabile alla categoria A, ossia "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

3.1.3.2 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di a_g , F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni tabulate sotto e nelle quali "g" rappresenta l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

3.1.3.3 Amplificazione topografica

Per superfici topografiche semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove S_T assume valore pari a 1.

3.1.4 ACCELERAZIONE MASSIMA DI PROGETTO

Avendo acquisito i parametri essenziali all'analisi della risposta sismica locale, è ora possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo A_{max} , valore che verrà adottato per i successivi calcoli di verifica analitica, mediante la seguente relazione:

$$A_{max} = a_g * S_s * S_T = [0,082 \text{ g} * 1,0 * 1,20] = \mathbf{0,098 \text{ g}}$$

3.2 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

L'intervento prevede la costruzione di una strada di collegamento tra SS549 e la frazione Stabioli.

Le caratteristiche del tracciato in progetto, e quindi gli elementi geometrici principali, sono riportati negli elaborati di progetto redatti dallo Studio Tecnico IngeoArt S.r.l. di Villadossola.

3.2.1 MOVIMENTAZIONE DI MATERIALE

Dall'analisi degli elaborati di progetto si evince come il volume relativo ai lavori di *sbancamento* necessari alla realizzazione delle opere in progetto, nel complesso risulti essere pari a circa 8696,13 m³. Il volume dei riporti previsti per la formazione delle scarpate e per la realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica è stato quantificato in circa 8689,16 m³, il materiale in eccedenza è costituito da massi recuperati dagli scavi e verrà destinato prevalentemente alla realizzazione delle scogliere.

Il volume complessivo di "scavo" ai sensi della L.R. 45/89 s.m.i. è pertanto quantificabile in circa 17378,29 m³.

La superficie totale interessata dai lavori risulta essere di circa 10706,63m².

3.2.2 ANALISI DEI VINCOLI E DEL P.R.G.C.

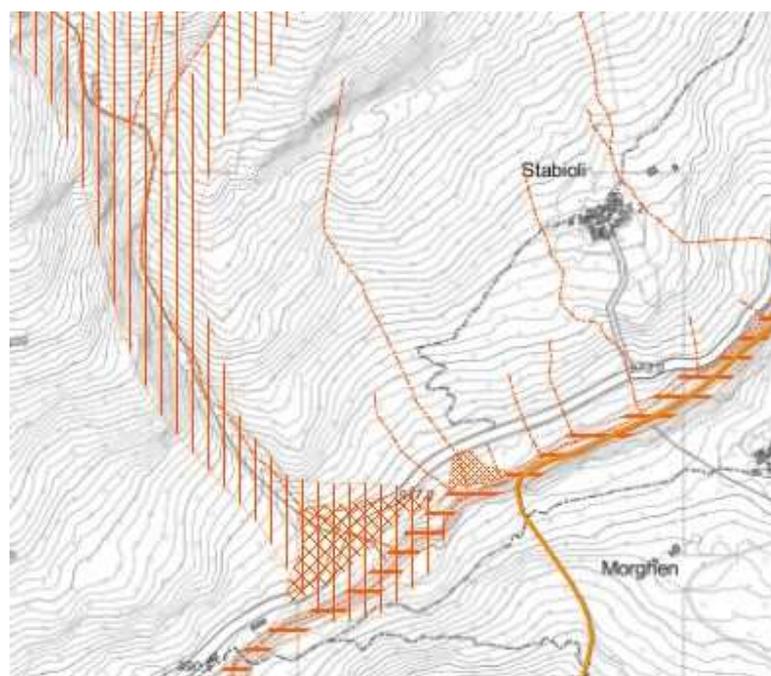
Il territorio interessato dalla realizzazione del tracciato in progetto è sottoposto ai vincoli della L.R. 45/89 e s.m.i. (vincolo idrogeologico) e del D.Lgs. 42/04 (vincolo paesaggistico-ambientale).

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -



L'analisi della cartografia delle aree in dissesto del P.A.I. evidenzia come il settore territoriale interessato dallo sviluppo del tracciato in progetto non interferisce con aree in dissesto censite dal P.A.I.



Dall'esame della cartografia del "Progetto I.F.F.I.", si rileva che la zona di intervento non interferisce con nessun dissesto censito.

Le porzioni di territorio interessate dalla strada in progetto risultano ascritte alla classe di idoneità geomorfologica IIIa.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

3.3 CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

In riferimento alla copertura di versante si propone la classificazione del terreno al gruppo **GP**, definito come ghiaie poco graduate o miscela di sabbia-ghiaia a grana piccola o grossa.

Tale classificazione permette di entrare nella tabella che definisce i "Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi-deformazioni di forma iperbolica - Primo Carico", in particolare si ricava il valore dell'angolo di attrito interno del materiale in oggetto, il quale nel caso specifico è compreso tra 34 e 49 gradi. In funzione della classificazione ottenuta, si possono inoltre definire le seguenti caratteristiche:

<i>- possibile azione del gelo:</i>	<i>da nessuna a molto lieve</i>
<i>- compressibilità e rigonfiamento:</i>	<i>quasi nessuna</i>
<i>- permeabilità:</i>	<i>10⁻² cm/sec</i>
<i>- densità secca AASHO:</i>	<i>1.85 - 2.00 T/m³</i>
<i>- caratteristiche di compattazione:</i>	<i>buone con ruspe, rulli a ruote gommate e lisci</i>
<i>- valori tipici di progetto:</i>	
<i>C.B.R.</i>	<i>30 - 60</i>
<i>moduli di sottofondo</i>	<i>5.5- 8.3 kg/cm²</i>

3.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Per la trattazione statistica dei parametri geotecnici dei depositi sciolti, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine, si propone di valutare l'angolo d'attrito caratteristico attraverso l'elaborazione statistica di alcuni valori tipici acquisiti da bibliografia, nonché da rilievi diretti condotti su materiali analoghi, per la tipologia di terreno direttamente interessata dagli interventi.

In particolare, sulla scorta di dati pregressi acquisiti su terreni analoghi, si è attribuita alla litologia considerata la classificazione del suolo secondo la U.S.C.S. (Unified Soil Classification System).

L'Eurocodice 7 introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU o di SLE.

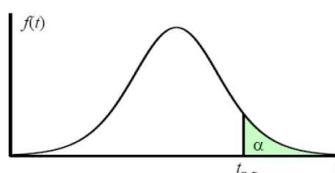
Se si utilizzano metodi statistici (peraltro non obbligatori), la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

(più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

Si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale ci garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico ci cautele. Il valore del 95% è anche quello indicato come probabilità 'u', o integrale della funzione, nelle tavole statistiche relative ai percentili della legge di Student come illustrato in figura:



In geotecnica è circostanza decisamente non infrequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati. Il trattamento statistico dei dati può essere eseguito anche con pochi dati a disposizione, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza regionale e locale.

Quando ci si trova, infatti, in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota. L'equazione assume pertanto la seguente forma:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0,05} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

- x_k è il valore caratteristico desiderato
- \bar{x} con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
- z è la distribuzione normale standardizzata
- σ è la deviazione standard della popolazione
- n è la numerosità del campione

Il valore di σ nell'equazione precedente andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; quando questi mancano, si possono utilizzare i valori reperibili in letteratura. A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV espressa anche in termini percentuali:

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI
- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

$$COV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove:

σ = deviazione standard della popolazione

μ = media della popolazione

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (5° PERCENTILE DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA)

❖ **Depositi di versante**

Per tale tipologia di detrito si propone una classificazione U.S.C.S tipo GP con variabilità dell'angolo d'attrito di picco compresa tra 34° e 49°. Dalla trattazione statistica si ottiene:

dati	media dati	X_k	
34	41,50	35,7	Valore caratteristico
49	COV Φ %	X_d	
	12	29,9	Valore di progetto
	n° dati		
	2		

$$X_k = \bar{X} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$Z_{0,05}$	-1,6449
------------	---------

Depositi di versante			
coesione	C	0,0	[T/m ²]
angolo d'attrito	ϕ	35	[°]
peso di volume	γ	1,9	[T/m ³]
permeabilità	K	media/buona	

I parametri geotecnici sopra indicati, con specifico riferimento all'angolo d'attrito ed al peso di volume del terreno in esame, sono stati assunti in termini di valori caratteristici, ove con il termine caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato.

3.5 ANALISI DI STABILITA' GLOBALE

Le seguenti verifiche di stabilità hanno come duplice scopo di verificare la compatibilità degli angoli di riprofilatura di progetto assegnati alle scarpate di neoformazione, nonché per la verifica alla stabilità globale.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

In tale frangente, si è quindi provveduto ad eseguire una serie di verifiche di stabilità in corrispondenza delle sezioni di progetto ritenute maggiormente rappresentative per le verifiche analitiche - in termini di morfologia ed entità delle opere di sostegno previste - in modo da valutarne la stabilità globale.

Nell'analisi si è tenuto conto della presenza di un livello di falda piuttosto superficiale, di parametri geotecnici caratteristici, della sollecitazione sismica e dei sovraccarichi indotti dai mezzi in transito. Il modello geologico-tecnico adottato è semplificato (monostrato).

3.5.1 CENNI METODOLOGICI

Le procedure di analisi di stabilità di un pendio in terra, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o alla rotazione del volume di terra compreso fra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta.

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza di taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano:

$$F_{sic} = T_{max} / T_{mob}$$

con

F_{sic} = coefficiente di sicurezza;

T_{max} = resistenza di taglio massima;

T_{mob} = sforzo tangenziale mobilitato.

All'equilibrio ($T_{max} = T_{mob}$) F_{sic} deve essere ovviamente uguale a 1.

Il pendio potrebbe essere considerato in teoria stabile, quando F_{sic} risulta maggiore di 1 ($T_{max} > T_{mob}$), instabile in caso contrario ($T_{max} < T_{mob}$). In realtà, per tener conto dell'incertezza introdotta dalle ipotesi semplificatrici nella procedura di calcolo e soprattutto dell'approssimazione con cui sono noti i parametri geotecnici del terreno, per Legge e per consuetudine pratica la stabilità può dirsi raggiunta solo nel caso in cui F_{sic} sia maggiore di 1,1 in condizioni statiche e maggiore di 1,0 in presenza di sisma (D.M.17.01.2018).

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

3.5.2 IMPOSTAZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

Nell'applicare le equazioni della statica al problema dell'analisi di stabilità di un pendio in terra occorre ipotizzare che siano verificate le seguenti condizioni:

- a) la verifica va eseguita prendendo in esame una striscia di versante di larghezza unitaria (solitamente di 1 metro), trascurando l'interazione laterale fra tale striscia ed il terreno contiguo;
- b) la resistenza al taglio lungo la superficie potenziale di rottura deve essere esprimibile attraverso la legge di Coulomb:

$$T_{\max} = c + \gamma h \operatorname{tg} \varphi$$

con

T_{\max} = resistenza di taglio massima del terreno;

c = coesione del terreno;

γ = peso di volume del terreno;

h = profondità della superficie di rottura;

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno.

- c) la precisione con cui vengono stimati in sito o in laboratorio i parametri geotecnici coesione e angolo di resistenza al taglio deve essere la stessa: in caso contrario la resistenza al taglio mobilitata dovrebbe essere espressa nel seguente modo:

$$T_{\text{mob}} = (c/F_{\text{siic}}) + (\gamma h \operatorname{tg} \varphi / F_{\text{sicp}})$$

con

F_{siic} = coefficiente di sicurezza legato a c;

F_{sicp} = coefficiente di sicurezza legato a φ ;

Con il D.M. 17.01.2018 i due fattori di sicurezza parziali vanno posti uguali a (Approccio I combinazione 2):

$F_{\text{siic}} = 1,25$ (coesione drenata) o $1,40$ (coesione non drenata);

$F_{\text{sicp}} = 1,25$.

- ❖ deve aversi una distribuzione omogenea degli sforzi tangenziali mobilitati (T_{mob}) lungo la superficie potenziale di rottura. Questo significa che in ogni punto del piano ipotetico di scivolamento i parametri dell'equazione di Coulomb c, φ , γ ed h devono avere lo stesso valore.

Per limitare l'errore introdotto nel calcolo da quest'ultima ipotesi, la superficie di scivolamento viene, nella maggior parte delle procedure di calcolo note in letteratura, suddivisa in più settori (conci), all'interno dei quali si considera realizzata la condizione

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

di omogeneità di T_{mob} . Nella pratica i limiti dei conci vengono fatti cadere dove vi sia una variazione significativa di γ , c e ϕ del terreno o in corrispondenza di variazioni significative nel profilo topografico del versante.

Questo modo d'impostare il problema conduce però all'introduzione nella risoluzione analitica di nuove incognite che esprimono il modo in cui interagiscono fra loro, lungo le superfici divisorie, i vari conci.

In definitiva nel calcolo del valore di F_{sic} intervengono le seguenti incognite (n = numero dei conci preso in considerazione):

- a) le forze normali (N) agenti sulla base del concio (n incognite);
- b) le forze tangenziali (T) agenti sulla base dei conci (n incognite);
- c) i punti, sulla base del concio, di applicazione delle forze normali e tangenziali (n incognite);
- d) le forze orizzontali agenti lungo le superfici di separazione dei conci ($n-1$ incognite);
- e) le forze verticali agenti lungo le superfici di separazione dei conci ($n-1$ incognite);
- f) i punti di applicazione, sulle superfici di separazione dei conci, delle forze d) ed e) ($n-1$ incognite);
- g) il coefficiente di sicurezza F_{sic} (1 incognita).

In totale il problema comporta l'introduzione di $6n-2$ incognite. Per la sua risoluzione sono disponibili:

- a) $3n$ equazioni d'equilibrio;
- b) n equazioni del tipo:

$$T = (c l + N \operatorname{tg} \phi) / F_{sic}$$

con

l = lunghezza del concio;
che collegano fra loro, per ogni concio, le incognite N , T e F_{sic} .

- a) n equazioni ottenute ponendo che il punto di applicazione di N e T cada a metà della base del concio.

In totale quindi sono disponibili $5n$ equazioni per la soluzione analitica del problema. Perché si possa arrivare alla determinazione di F_{sic} occorrerebbero ovviamente tante equazioni quante sono le incognite.

In realtà perché il problema sia staticamente determinato, e quindi risolvibile, mancano ancora $n-2$ equazioni (la differenza fra il numero delle incognite, $6n-2$, ed il numero delle equazioni disponibili, $5n$).

Le equazioni mancanti possono essere ottenute introducendo nell'analisi ulteriori ipotesi semplificatrici. Tali ipotesi riguardano generalmente la distribuzione delle forze lungo le superfici di separazione dei conci. Le varie procedure di risoluzione del

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

problema differiscono essenzialmente per la schematizzazione che viene fatta di questa distribuzione.

3.5.3 RISOLUZIONE CON I METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE: metodo di Bishop (semplificato)

Con il metodo di Bishop semplificato si pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano trascurabili. Di conseguenza i conci interagiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale.

È anche questo un metodo basato sull'equilibrio dei momenti agenti. Viene supposto che la superficie potenziale di scivolamento sia circolare.

La resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie potenziale di rottura è data, per ogni concio da:

$$T_i \max = X_i / (1 + Y_i / F_s)$$

con $X_i = (c + (g \times h - g_w \times h_w) \times \tan \varphi) \times dx / \cos \alpha$

con g_w = peso di volume dell'acqua;

h_w = altezza dell'acqua sulla base del concio;

dx = lunghezza del concio lungo l'orizzontale;

α = inclinazione del concio sull'orizzontale.

$$Y_i = \tan \alpha \times \tan \varphi$$

La resistenza al taglio mobilitabile lungo il piano di taglio è per ogni concio data da:

$$T_i \text{ mob} = Z_i$$

con $Z_i = g \times h \times dx \times \sin \alpha$

Il coefficiente di sicurezza del pendio viene espresso come segue:

$$F_s = \sum_{i=1-n} T_i \max / \sum_{i=1-n} T_i \text{ mob}$$

Si noti che il coefficiente di sicurezza F_s , che è la grandezza da determinare, viene a comparire anche al numeratore attraverso l'espressione della $T \max$. Di conseguenza non sarà possibile la determinazione diretta di F_s .

La procedura da adottare dovrà essere di tipo iterativo, fino all'ottenimento della convergenza su un valore praticamente costante di F_s . Questi sono i passi da seguire:

1. si introduce un valore iniziale di F_s (per es. ottenuto applicando Fellenius) e si calcola un primo valore del coefficiente di sicurezza;
2. il nuovo valore di F_s (F_s') ottenuto viene confrontato col valore di partenza;
3. se la differenza supera un limite prefissato (es. $F_s' - F_s > 0.001$), si ritorna al passo a), inserendo, al posto del valore di partenza di F_s , il nuovo valore calcolato;

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

4. se la differenza rimane contenuta nel limite indicato, l'elaborazione va interrotta: il coefficiente di sicurezza cercato e' Fs' .

Generalmente il procedimento richiede dalle quattro alle otto iterazioni per convergere. Il metodo di Bishop richiede che siano, per tutti i conci, rispettate le due seguenti condizioni:

- $s' = (g \times h - gw \times hw - c \times tg \alpha / Fs) / (1 + Y / Fs) > 0$
con s' = pressione normale agente sulla base del concio;
- $\cos \alpha \times (1 + Y/Fs) > 0.2$.

In caso contrario il metodo può condurre a valori del coefficiente di sicurezza non realistici.

3.5.4 RISULTATI DI CALCOLO

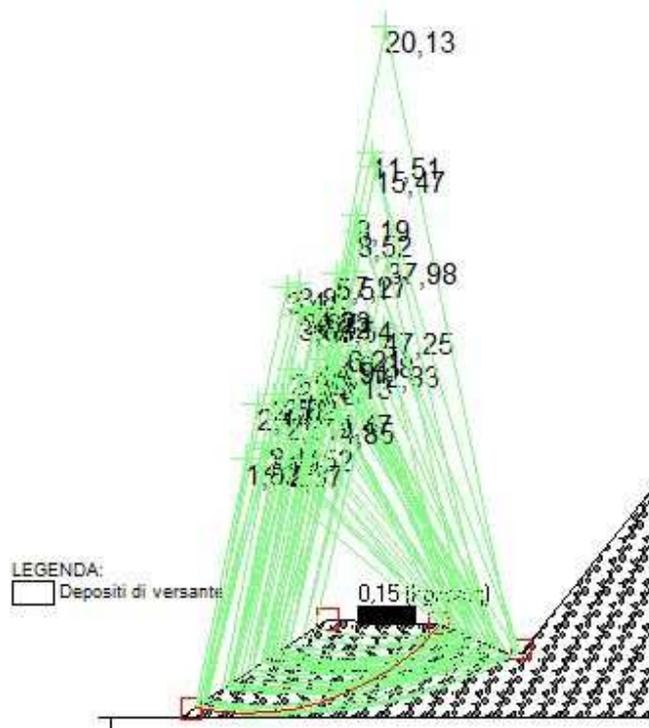
Dai risultati di calcolo allegati, e dai relativi grafici riferiti alle sezioni di verifica, è possibile evincere come le ipotetiche superfici di scivolamento maggiormente critiche per gli interventi di progetto, determinino valori del coefficiente di sicurezza compatibili con quanto previsto dal D.M. 17.01.2018, e siano quindi compatibili con l'assetto geostatico del territorio (cfr. elaborati di calcolo).

Visto il dimensionamento e posizione dei muri di sostegno previsti questi non possono essere verificati con il software in possesso, per tale motivo questi ultimi dovranno essere validati da calcoli ingegneristici.

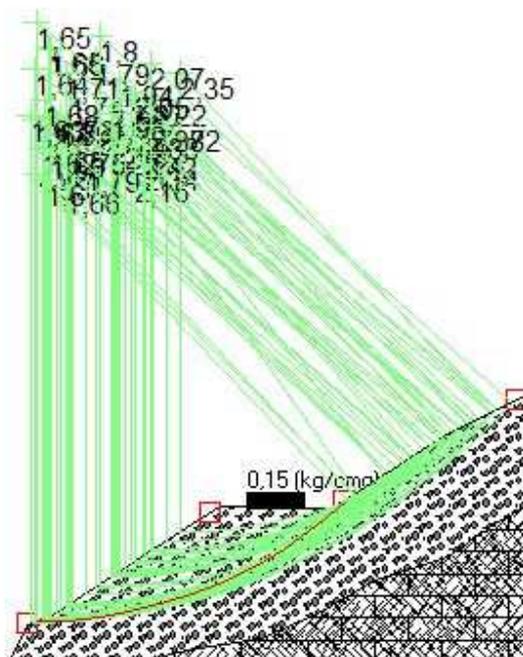
	<i>Fs_{min}</i>	<i>METODO</i>
VERIFICA 1 - Sez. 2	1,819	BISHOP
VERIFICA 2 - Sez. 50	1,534	BISHOP
VERIFICA 3 - Sez. 84	1,375	BISHOP

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI
- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Sezione 2



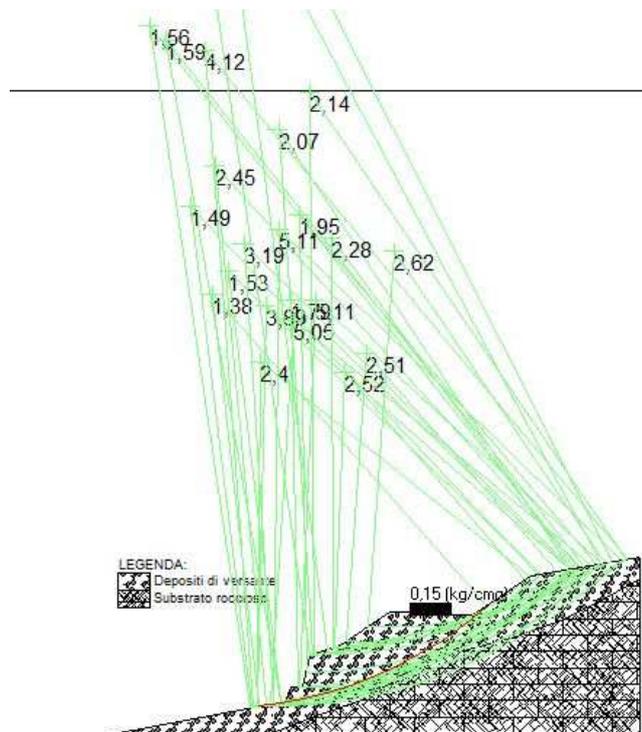
Sezione 50



PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Sezione 84



4. DIMENSIONAMENTO DELLE CUNETTE

Per ciò che concerne le acque meteoriche provenienti dalla porzione di versante sovrastante l'area interessata dallo sviluppo del tracciato, queste verranno intercettate da una cunetta posta longitudinalmente alla sede viaria.

Di seguito vengono eseguite le opportune verifiche idrauliche riferite alla cunetta in progetto, in modo da valutare l'area massima sottesa in funzione delle portate risultanti, e quindi definire le porzioni in cui dovrà preventivarsi l'allontanamento delle acque intercettate.

La lieve pendenza verso monte assegnata alla sede viaria consentirà la raccolta delle acque meteoriche ruscellanti sulla sede stradale, incanalandole verso la cunetta posta a monte del tracciato, limitando quindi fenomeni erosivi della stessa.

Per valutare lo schema di regimazione superficiale delle acque, verrà adottato il metodo afflussi - deflussi.

Tale metodo permette di porsi nelle condizioni di maggiore cautela, difatti nel calcolo il tempo di corrivazione viene considerato nullo, e l'apporto meteorico viene valutato per la sua totalità, senza dispersioni dovute a processi di infiltrazione e di evapo-traspirazione.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Per il calcolo del dimensionamento idraulico della cunetta tipo si propone di adottare un'intensità di pioggia pari a 38,4 mm/ora (20/06/2007 – fonte: sito ARPA Piemonte), valore questo da ritenersi sufficientemente cautelativo poiché corrisponde ai massimi di precipitazione registrati nel periodo 2001-2007 presso la stazione pluviometrica di Ceppo Morelli).

Considerando una cunetta tipo sezione di deflusso trapezoidale pari a 0,08 m² (*dimensione standard di progetto*) ricavata in fosso naturale, si ottiene:

Deflussi

Essendo la portata della sezione di deflusso pari a:

$$Q = A * V$$

dove:

Q = portata

A = area della sezione

V = velocità

si può ricavare la velocità mediante la formula di Chézy:

$$V = c\sqrt{R * i}$$

dove:

c = coefficiente di scabrezza

R = raggio medio, definito dal rapporto tra area della sezione e contorno bagnato

i = pendenza della cunetta (livelletta tornanti 6,0% = 3,43° circa; livelletta a pendenza minima 1,0% = 0,57° circa)

Il coefficiente di scabrezza può essere calcolato con la formula di Strickler:

$$c = K_s * R^{1/6}$$

dove:

K_s = parametro che caratterizza la scabrezza delle pareti e del fondo, ricavato da apposite tabelle = 55

R = raggio idraulico = 0,100 m

quindi:

$$c = 37,471$$

calcolando la velocità, si ha:

$$V_{\text{livelletta tornanti}} = 2,90 \text{ m/sec}$$

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

$$V_{\text{livelletta a pendenza minima}} = 1,185 \text{ m/sec}$$

La portata smaltibile per la cunetta in oggetto, è pari a:

$$Q_{\text{livelletta tornanti}} = S * V = 0,232 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\text{livelletta a pendenza minima}} = S * V = 0,095 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Afflussi

Considerando la portata smaltibile, per un'intensità massima di pioggia definita (38,4 mm/h), è possibile ottenere la massima area sottesa per ogni tratta considerata:

$$A_{\text{livelletta tornanti}} \cong 23200 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{livelletta a pendenza minima}} \cong 9500 \text{ m}^2$$

I risultati ottenuti permettono di individuare la massima area sottendibile dalla cunetta su ciascun tratto considerato, per assicurare il corretto smaltimento delle acque superficiali di precipitazione meteorica; in particolare tale analisi ha permesso di definire lo schema di allontanamento delle acque intercettate dalla pista, in area esterna alla stessa.

5. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI

Dopo aver analizzato le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del versante oggetto di studio ed aver eseguito le opportune verifiche di stabilità, possono definirsi gli aspetti tecnici e le modalità esecutive secondo le quali dovranno realizzarsi le opere al fine di garantire la stabilità delle stesse nel tempo.

Movimentazione di materiale: sono previsti lavori di scavo e riporto necessari alla realizzazione del tracciato e delle opere ad esso accessorie. Come da progetto le strutture di controripa e sottoscarpa, dove previste, sono costituite in parte da muri di contenimento in massi ed in parte da opere di ingegneria naturalistica (palizzate a doppia parete e a parete semplice).

Nelle porzioni maggiormente acclivi, al fine di prevenire il rotolamento a valle del materiale movimentato, dovrà essere costruita pochi metri a valle del tracciato ed in una fase precedente alla realizzazione dello stesso, una palizzata di protezione in legno, o altre opere provvisoriale idonee, la quale verrà rimossa non appena i lavori verranno completati.

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

Viste le caratteristiche geotecniche del materiale detritico oggetto di scavo ed i risultati delle relative verifiche di stabilità eseguite sulle sezioni ritenute rappresentative, il profilo degli scavi dovrà essere mantenuto entro i valori di inclinazione massima di progetto.

Qualora non risulti possibile, in particolari situazioni locali, ottenere riprofilature con angolo di scarpa adeguato, dovrà essere prevista la stabilizzazione delle scarpate mediante adeguati interventi di consolidamento (es. ingegneria naturalistica, biostuoie/georete e semina).

I lavori di scavo dovranno essere immediatamente accompagnati dalla messa in posto delle opere di sostegno, laddove previste e necessarie, al fine di inibire crolli delle pareti di neoformazione.

La formazione dei riporti prevede lo sfruttamento del materiale di risulta degli scavi; questo dovrà essere opportunamente selezionato in modo da ottenere caratteristiche geotecniche e meccaniche adeguate ad un fondo carrabile.

I lavori di scavo e riporto verranno eseguiti tramite mezzi meccanici dotati di benna rovescia per la rimozione e la movimentazione dei materiali sciolti, mentre per l'incisione del substrato roccioso e per la rimozione o riduzione di grossi blocchi di materiale litoide verrà fatto uso di martellone e/o di apposita attrezzatura.

Parte del materiale di risulta degli scavi sarà riutilizzato in loco, previa selezione, per la formazione delle scarpate di valle in riporto, per i riempimenti necessari, nonché per la riprofilatura delle aree modificate. L'eccedenza di materiale dovrà essere allontanata e/o gestita conformemente alla vigente normativa di settore.

Opere di regimazione idraulica al fine di controllare la possibile erosione del corpo stradale indotta dalle acque di ruscellamento, sono previste, lungo il tracciato in progetto, delle cunette longitudinali di raccolta lungo il margine di monte della strada, le quali hanno la funzione di raccogliere le acque intercettate dal tracciato e convogliarle in area esterna alla strada stessa.

Occorrerà mantenere nel tempo la perfetta funzionalità delle opere con interventi periodici di pulizia delle cunette, in special modo da eseguirsi successivamente agli eventi di piovosità intensa.

Interventi di riassetto e prevenzione: per tali interventi si fa riferimento alla necessità di effettuare un'immediata operazione di ripristino sulle scarpate di neoformazione, da

PROGETTO STRADA PER LA FRAZIONE STABIOLI

- RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA -

eseguirsi mediante il riporto dello strato terroso-vegetale di copertura sul materiale detritico privato dello stesso.

La tempestività dell'intervento si rende necessaria in quanto il detrito analizzato nelle scarpate di neoformazione potrebbe interagire facilmente con le acque superficiali, sia meteoriche che di ruscellamento, pertanto l'azione delle stesse, su scavi di fresca realizzazione determinerebbe l'innescò di momenti evolutivi locali, od ancor peggio favorirebbe la fluidificazione del terreno più superficiale e quindi il relativo franamento.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini eseguite hanno permesso di evincere le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni attraversati dal tratto di strada in progetto, e di un intorno significativo degli stessi.

Dall'analisi di tali fattori e dalle verifiche analitiche condotte, è emerso come i lavori previsti da progetto, se eseguiti secondo i criteri tecnici e le modalità esecutive dettate dalla presente relazione ed evidenziati negli elaborati grafici di progetto, risultano fattibili dal punto di vista geologico-tecnico ed inseribili nel contesto territoriale rilevato, in quanto non modificano le condizioni geostatiche presenti nel territorio né alterano l'equilibrio idrogeologico.

Domodossola, febbraio 2019

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Sezione 2

CONDIZIONI SISMICHE

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)

Ordinate Y (m)

0	1268,9
2,55	1268,9
3,35	1269,48
7,76	1272,42
11,76	1272,3
14,42	1271,18
14,71	1271,23
19,64	1277,36

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Parametri geotecnici degli strati

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Depositi di versante

Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	500
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Opere e carichi sul pendio - sovraccarichi

Sovraccarico n. 1

Posizione del sovraccarico

Ascissa a valle (m):	8,9	Ordinata a valle (m):	1272,32
Larghezza dell'area caricata (m):			2
Inclinazione del sovraccarico (°):			90
Modulo del sovraccarico(kg/cmq):			0,15

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
1	3,19	1269,37	14,28	1271,24		3,409					
2	4,41	1270,18	13,65	1271,51		4,011					
3	4,4	1270,18	12,77	1271,87		2,921					
4	4,64	1270,34	13,65	1271,51		4,336					
5	4,22	1270,06	12,51	1271,98		2,608					
6	6,31	1271,45	14,25	1271,25							
7	4,24	1270,07	13,14	1271,72		3,2					
8	3,35	1269,48	14,58	1271,21		3,852					
9	6,07	1271,29	13,15	1271,72		8,375					
10	6,75	1271,74	13,43	1271,6							
11	3,34	1269,48	12,47	1272		2,144					
12	4,05	1269,94	11,93	1272,23		2,113					
13	7,19	1272,04	14,77	1271,3							
14	3,49	1269,57	12,94	1271,8		2,528					
15	5,1	1270,65	11,89	1272,25		2,524					
16	7,32	1272,13	12,24	1272,1		47,252					
17	3,07	1269,27	12,54	1271,97		2,187					
18	5,71	1271,05	13,01	1271,77		5,539					
19	5,77	1271,09	14,46	1271,19		20,132					
20	6,88	1271,83	12,42	1272,02		12,832					
21	4,26	1270,09	12,19	1272,12		2,368					
22	5,51	1270,92	12,47	1272		3,602					
23	3,01	1269,23	11,87	1272,25		1,819					
24	3,31	1269,45	13,38	1271,62		2,821					
25	4,29	1270,11	13,92	1271,39		4,218					
26	7,31	1272,12	14,75	1271,28							
27	5,57	1270,96	13,01	1271,77		5,13					
28	5,46	1270,89	13,97	1271,37		8,191					
29	7,49	1272,24	14,48	1271,19							
30	5,49	1270,91	13,77	1271,45		7,271					
31	5,06	1270,62	14,65	1271,22		8,521					
32	3,47	1269,56	14,2	1271,27		3,617					
33	7,49	1272,24	14,22	1271,26							
34	7,76	1272,42	14,48	1271,19							
35	4,87	1270,49	14	1271,36		5,509					
36	6,83	1271,8	13,32	1271,64							
37	4,33	1270,14	13,51	1271,56		3,667					
38	6,91	1271,86	12,86	1271,84		37,984					
39	5,88	1271,17	12,53	1271,98		4,469					
40	6,43	1271,53	12,43	1272,02		6,206					
41	7,38	1272,17	13,31	1271,65							
42	5,92	1271,19	12,61	1271,94		4,914					
43	7,1	1271,98	14,2	1271,27							
44	5,45	1270,88	14,63	1271,22		11,512					
45	6,4	1271,52	12,03	1272,19		4,85					
46	6,19	1271,37	13,58	1271,53		15,466					
47	6,75	1271,75	13,59	1271,53							
48	5,08	1270,63	13,17	1271,71		4,226					
49	7,76	1272,42	11,86	1272,26							
50	7,6	1272,31	12,1	1272,16							

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
----	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------	--------	-------	--------	-------	---------	----

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
23	1,819	Bishop semplificato		3,011	1269,234									
			1	3,897	1269,099	0,9	-8,7	0,33	491,63	0	0	0	35	0
			2	4,783	1269,05	0,89	-3,2	0,944	1474,9	0	0	0	35	0
			3	5,668	1269,085	0,89	2,3	1,473	2458,16	0	0	0	35	0
			4	6,554	1269,206	0,89	7,8	1,927	3441,43	0	0	0	35	0
			5	7,44	1269,417	0,91	13,4	2,303	4096,94	0	0	0	35	0
			6	8,326	1269,723	0,94	19,1	2,423	4260,81	0	0	0	35	0
			7	9,212	1270,136	0,98	25	2,179	3933,06	0	423,8	197,51	35	0
			8	10,098	1270,672	1,04	31,2	1,735	3113,67	0	1136,54	688,34	35	0
			9	10,983	1271,361	1,12	37,9	1,169	1966,53	0	950,21	738,91	35	0
			10	11,869	1272,254	1,26	45,2	0,426	655,51	0	0	0	35	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):.....0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Coefficiente beta.....0,5

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Sezione 50

CONDIZIONI SISMICHE

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Coordinate del profilo topografico

<i>Ascisse X (m)</i>	<i>Ordinate Y (m)</i>
0	1261,78
1,3	1261,78
1,9	1263,13
2,8	1263,43
5,79	1265,42
8,83	1267,44
12,87	1267,31
16,87	1269,98
20,11	1271,55

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Parametri geotecnici degli strati

Strato n. _____

1

Descrizione litologica:

Depositi di versante

Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	500
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Substrato roccioso

Angolo di attrito (°):	38
Densità relativa (%):	90
Coesione(kg/cmq):	1
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	2700
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2800
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	1000
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Opere e carichi sul pendio - sovraccarichi

Sovraccarico n. 1

Posizione del sovraccarico

Ascissa a valle (m):	9,81	Ordinata a valle (m):	1267,32
Larghezza dell'area caricata (m):			2
Inclinazione del sovraccarico (°):			90
Modulo del sovraccarico(kg/cmq):			0,15

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
1	7,26	1266,4	15,56	1269,11							
2	5	1264,9	17,39	1270,23		1,924					
3	5,17	1265,01	16,89	1269,99		1,973					
4	7,52	1266,57	17,11	1270,1							
5	3,11	1263,64	16,72	1269,88		1,733					
6	5,64	1265,32	15,88	1269,32		2,24					
7	2,77	1263,42	16,5	1269,73		1,699					
8	3,37	1263,81	14,86	1268,64		1,695					
9	7,88	1266,81	17,3	1270,19							
10	3,1	1263,63	16,37	1269,64		1,694					
11	2,26	1263,25	13,4	1267,66		1,534					
12	8,31	1267,09	17,01	1270,05							
13	2,68	1263,39	18,51	1270,78		1,654					
14	2,96	1263,54	16,5	1269,74		1,693					
15	3,45	1263,87	17,47	1270,27		1,735					
16	2,17	1263,22	17,41	1270,24		1,64					
17	6,88	1266,15	17,01	1270,05		2,724					
18	5,06	1264,94	16,34	1269,62		2,023					
19	6,13	1265,65	14,72	1268,54		2,343					
20	5,62	1265,31	17,69	1270,38		2,073					
21	4,35	1264,46	18,6	1270,82		1,788					
22	3,52	1263,91	15,47	1269,05		1,752					
23	2,77	1263,42	15,39	1268,99		1,654					
24	6,41	1265,83	17,75	1270,4		2,223					
25	7,97	1266,87	15,43	1269,02							
26	2,78	1263,42	18,56	1270,8		1,661					
27	5,4	1265,16	16,14	1269,49		2,098					
28	5,75	1265,4	13,78	1267,92		2,156					
29	2,26	1263,25	15,73	1269,22		1,641					
30	2,55	1263,35	16,87	1269,98		1,681					
31	6,79	1266,08	15,91	1269,34							
32	8,33	1267,11	19,08	1271,05							
33	7,41	1266,5	18,61	1270,82		2,352					
34	4	1264,23	14,86	1268,64		1,794					
35	6,1	1265,63	15,68	1269,18		2,419					
36	2,24	1263,24	18,8	1270,92		1,648					
37	7,8	1266,76	13,74	1267,89							
38	6,17	1265,67	16,7	1269,86		2,332					
39	2,48	1263,32	14,86	1268,64		1,624					
40	3,32	1263,78	13,65	1267,83		1,665					
41	4,48	1264,55	19,35	1271,18		1,796					
42	2,61	1263,37	13,71	1267,87		1,6					
43	5,21	1265,03	18,12	1270,59		1,936					
44	4,94	1264,85	17,19	1270,13		1,947					
45	3,29	1263,76	18,01	1270,53		1,708					
46	2,76	1263,42	15,14	1268,82		1,662					
47	6,36	1265,8	18,8	1270,92		2,073					
48	2,07	1263,19	15,67	1269,18		1,63					
49	5,79	1265,42	17,91	1270,48		2,052					
50	6,38	1265,81	16,99	1270,04		2,38					

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
----	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------	--------	-------	--------	-------	---------	----

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
11	1,534	Bishop semplificato		2,258	1263,249									
			1	3,371	1263,287	1,11	2	0,291	412,11	0	0	0	35	0
			2	4,485	1263,402	1,12	5,9	0,931	1442,38	0	0	0	35	0
			3	5,599	1263,596	1,13	9,9	1,585	2678,7	0	0	0	35	0
			4	6,713	1263,871	1,15	13,9	2,149	3708,97	0	0	0	35	0
			5	7,827	1264,232	1,17	18	2,619	4533,19	0	0	0	35	0
			6	8,941	1264,686	1,2	22,1	2,947	5151,35	0	0	0	35	0
			7	10,054	1265,24	1,24	26,4	2,735	4739,24	0	328,13	163,23	35	0
			8	11,168	1265,907	1,3	30,9	2,015	3502,92	0	1433,15	858,7	35	0
			9	12,282	1266,705	1,37	35,6	1,159	2060,54	0	782,55	560,9	35	0
			10	13,396	1267,661	1,47	40,6	0,347	618,16	0	0	0	35	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):.....0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Coefficiente beta.....0,5

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Sezione 84

CONDIZIONI SISMICHE

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)

Ordinate Y (m)

0	1330,47
8,09	1332,04
8,39	1332,74
8,99	1332,74
9,29	1334,24
10,82	1334,79
13,19	1336,38
17,24	1336,25
20,07	1338,13
25,29	1339,1

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Parametri geotecnici degli strati

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Depositi di versante

Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	500
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Substrato roccioso

Angolo di attrito (°):	38
Densità relativa (%):	90
Coesione(kg/cmq):	1
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	2700
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2800
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	1000
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Opere e carichi sul pendio - sovraccarichi

Sovraccarico n. _____ 1

Posizione del sovraccarico

Ascissa a valle (m):	14,18	Ordinata a valle (m):	1336,25
Larghezza dell'area caricata (m):			2
Inclinazione del sovraccarico (°):			90
Modulo del sovraccarico(kg/cmq):			0,15

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
1	9,24	1333,98	20,33	1338,18							
2	9,41	1334,28	18,45	1337,05							
3	6,45	1331,72	22,32	1338,55		1,557					
4	6,79	1331,79	21,9	1338,47		3,888					
5	12,95	1336,22	20,72	1338,25							
6	9,33	1334,25	23,99	1338,86		2,044					
7	12,74	1336,08	21,18	1338,34							
8	13,33	1336,38	23,25	1338,72							
9	6,82	1331,79	17,91	1336,7		1,375					
10	9,5	1334,32	24,64	1338,98		2,144					
11	7,88	1332	22,68	1338,61		1,59					
12	12,13	1335,67	19,54	1337,78							
13	10,95	1334,88	21,92	1338,47							
14	12,54	1335,94	19,82	1337,97							
15	11,5	1335,24	18,91	1337,36							
16	11,89	1335,51	19,01	1337,43							
17	10,13	1334,54	23,42	1338,75		2,138					
18	11,21	1335,05	17,97	1336,73							
19	12,18	1335,71	22,98	1338,67							
20	7,19	1331,87	22,41	1338,57		2,446					
21	13,04	1336,28	18,11	1336,83							
22	9,13	1333,44	23,24	1338,72		1,948					
23	6,77	1331,78	20,02	1338,09		2,399					
24	11,29	1335,1	23,92	1338,85							
25	13	1336,25	22,11	1338,51							
26	10,82	1334,79	18,71	1337,23							
27	7,89	1332	20,51	1338,21		1,528					
28	7,55	1331,94	24,4	1338,94		5,111					
29	12,46	1335,89	23,35	1338,74							
30	13,37	1336,37	20,05	1338,12							
31	8,72	1332,74	21,9	1338,47		1,795					
32	8,84	1332,74	23,39	1338,75		5,114					
33	12,34	1335,81	18,53	1337,1							
34	12,17	1335,7	23,66	1338,8		2,619					
35	9,45	1334,3	21,92	1338,47		2,072					
36	10,91	1334,85	20,96	1338,3							
37	11,08	1334,97	21,27	1338,35		2,507					
38	6,55	1331,74	24,66	1338,98		4,124					
39	12,65	1336,02	19,21	1337,56							
40	11,37	1335,16	20,48	1338,21							
41	10,51	1334,68	19,77	1337,93		2,517					
42	7,4	1331,91	23,02	1338,68		5,053					
43	10,44	1334,65	22,18	1338,52		2,283					
44	11,63	1335,33	17,8	1336,62							
45	13,06	1336,3	24,63	1338,98							
46	7,56	1331,94	22,03	1338,49		3,195					
47	9,19	1333,76	18,98	1337,41							
48	6,53	1331,74	20,37	1338,19		1,489					
49	10,89	1334,83	21,01	1338,31							
50	13,08	1336,31	24,72	1338,99							

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

N.	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer	Kc
----	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------	--------	-------	--------	-------	---------	----

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Studio Geologico Marangon

Via Bonomelli, 16-28845-Domodossola (VB)-Tel 0324249100

Committente: Consorzio Agri Boschivo Minerario di Stabioli

Località: Macugnaga (VB)

Data: Febbraio 2019

Riferimenti: Progetto strada per la frazione Stabioli

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
9	1,375	Bishop semplificato		6,821	1331,794									
			1	7,93	1331,949	1,12	8	0,033	0	0	0	0	35	0
			2	9,039	1332,168	1,13	11,2	0,485	820,59	0	0	0	35	0
			3	10,148	1332,453	1,14	14,4	1,614	2872,07	0	0	0	35	0
			4	11,257	1332,806	1,16	17,7	2,425	4308,11	0	0	0	35	0
			5	12,365	1333,231	1,19	21	2,702	4718,41	0	0	0	35	0
			6	13,474	1333,735	1,22	24,4	2,901	5128,7	0	0	0	35	0
			7	14,583	1334,322	1,25	27,9	2,578	4718,41	0	534,56	283,22	35	0
			8	15,692	1335,003	1,3	31,5	1,835	3282,37	0	1417,61	870,15	35	0
			9	16,801	1335,788	1,36	35,3	0,983	1641,19	0	597,06	422,94	35	0
			10	17,91	1336,695	1,43	39,3	0,264	410,3	0	0	0	35	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

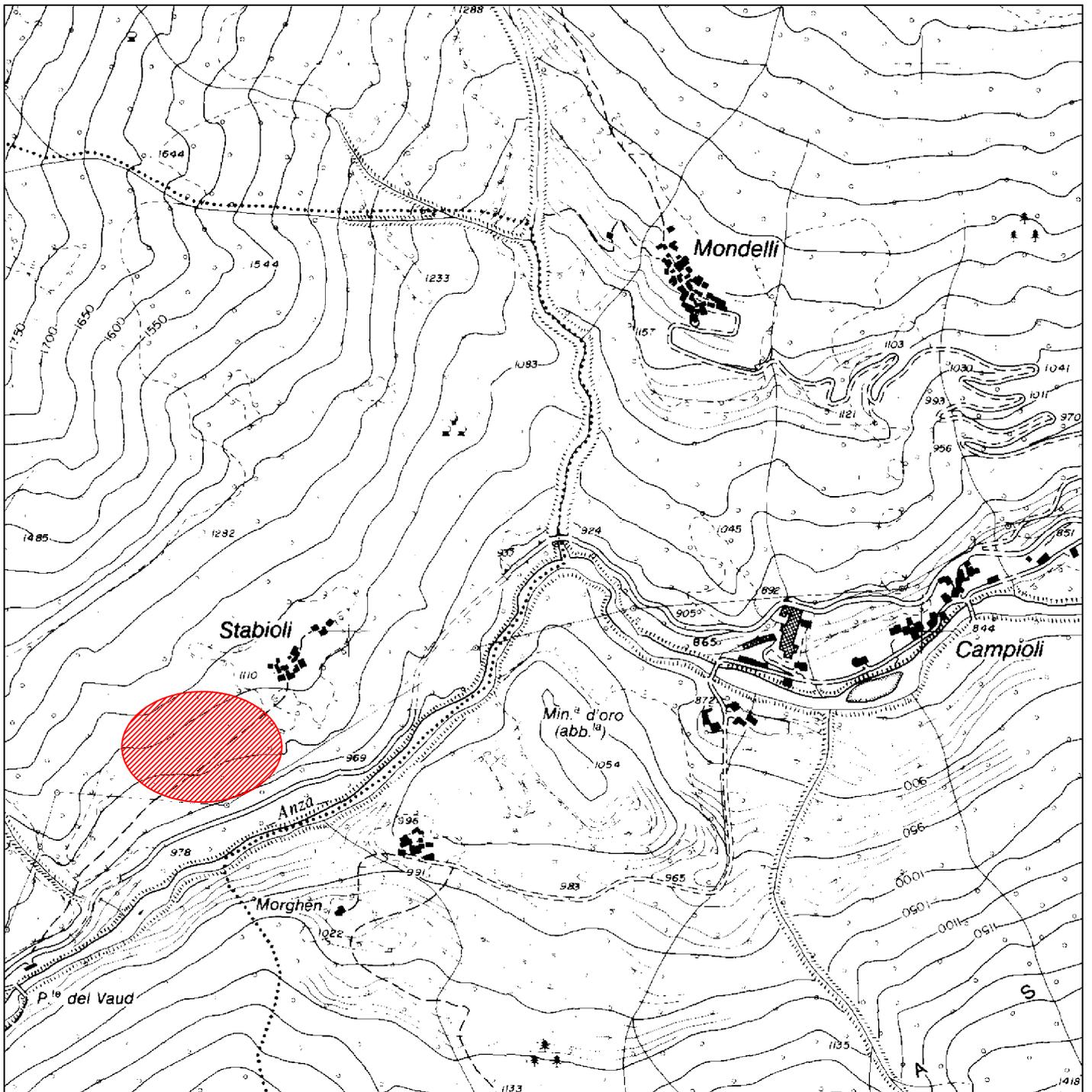
Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):.....0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

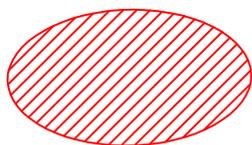
Coefficiente beta.....0,5



COROGRAFIA

SCALA 1:10.000

ESTRATTO DA C.T.R -Sezione n. 072010 "Ceppo Morelli"



AREA DI INTERVENTO

