

REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA



COMUNE DI PREMIA

LAVORI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL BACINO DEL RIO CINGIO

**Progetto di Fattibilità
Tecnico - Economica**

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Committente:

Comune di Premia
P.zza Municipio,9
28866, Premia (VB)

Data:

Luglio 2024



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

INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
1.2	ASPETTI NORMATIVI E VINCOLISTICI	2
2	RELAZIONE GEOLOGICA	3
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E LOCALE	3
2.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	6
2.2.1	ASPETTI GEOLITologici E GEOMORFOLOGICI LOCALI	7
2.3	IDROGRAFIA	7
2.3.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	7
2.3.2	IDROGRAFIA SOTTERRANEA	8
2.4	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	9
3	RELAZIONE GEOTECNICA	9
3.1	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	9
3.1.1	INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO	10
3.1.2	SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE	11
3.1.3	DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO	12
3.1.4	ACCELERAZIONE MASSIMA DI PROGETTO	14
3.2	CARATTERISTICHE DI PROGETTO	14
3.2.1	MOVIMENTAZIONE DI MATERIALE	16
3.3	CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO	17
3.4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	18
3.5	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	20
3.5.1	RISOLUZIONE CON I METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE: Metodo di Bishop (Semplificato)	23
3.5.2	RISULTATI DI CALCOLO	24
3.6	ALTEZZA CRITICA PARETI SCAVO VERTICALI/SUBVERTICALI	25
4	CRITERI TECNICO ESECUTIVI	26
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	28

1 PREMESSA

La presente relazione ed i relativi elaborati grafici, redatti in ottemperanza al D.M. 17/01/2018, e ai sensi della *L.R. 9 agosto 1989 n° 45 (aree sottoposte a vincolo idrogeologico)* sono a supporto del progetto di sistemazione idrogeologica del bacino del rio Cingio, nel Comune di Premia (VB), da realizzarsi da parte dell'Amministrazione Comunale.

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

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

A questa fase di studio preliminare, ha fatto seguito una campagna di rilievo, al fine di osservare le caratteristiche geomorfologiche della zona stessa, nonché ricavare i dati geotecnici essenziali per stabilire la fattibilità dell'intervento.

I risultati ottenuti hanno permesso di valutare la compatibilità dell'opera con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio secondo quanto previsto dalla legislazione vigente, ponendo particolare attenzione alla stabilità del terreno.

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Topograficamente l'intervento è localizzato sulla tavoletta I.G.M. in scala 1: 25.000, I N.E. del foglio 15 della Carta d'Italia, nonché sulla Carta Tecnica BDTRE in scala 1:10.000 "Premia" sezione n. 036090.

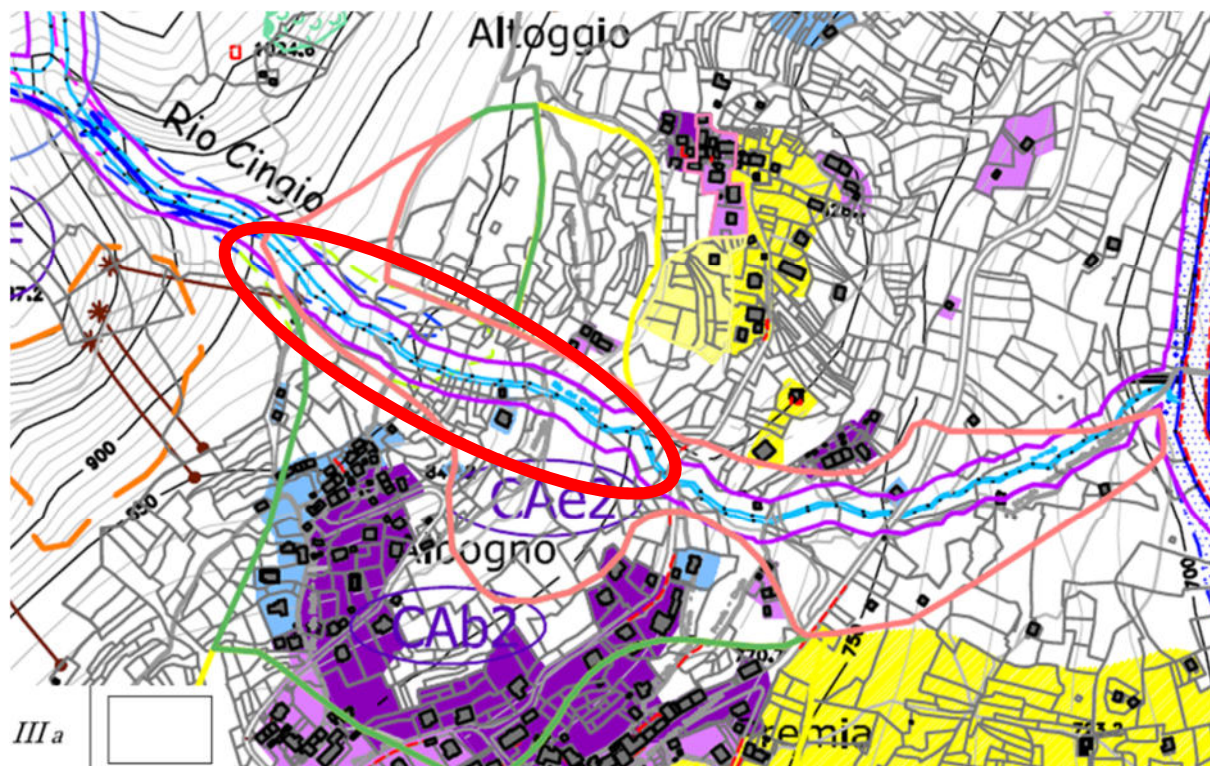
Il territorio indagato è ubicato lungo il versante idrografico destro del Fiume Toce, lungo l'asta del rio Cingio nel tratto da poco a monte della Frazione Albogno sino alla Strada Comunale per Altoggio, nel territorio del Comune di Premia (VB).

L'area di monte è raggiungibile risalendo la S.S. n° 659 fino alla Frazione Rodis, imboccando poi la strada comunale per Albogno, mentre la zona di valle oggetto di intervento è raggiungibile dalla Strada Comunale per Altoggio.

1.2 ASPETTI NORMATIVI E VINCOLISTICI

Il Comune di Premia (VB) è regolamentato dal P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i. e della Circolare P.R.G. n.7/LAP del 6 Maggio 1996, ed in adeguamento al P.A.I.

Dall'analisi della Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, si evince come l'area di intervento ricade in Classe IIIa.



Estratto da Tav. 7A Carta di Sintesi del PRG del comune di Premia

Trattandosi di interventi di sistemazione idrogeologica, il progetto risulta fattibile secondo la vigente normativa.

2 RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E LOCALE

L'area in oggetto fa parte della Valle Antigorio; si tratta di una porzione delle Alpi Occidentali dove intensi processi erosivi e deformativi hanno portato alla luce gli elementi strutturali più profondi dell'edificio alpino.

Tali unità vengono denominate Ricoprimenti Pennidici Inferiori e fanno parte del ben più esteso complesso metamorfico delle Pennidi.

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

Si possono distinguere almeno sei falde pennidiche:

- 1) Antigorio
- 2) Lebenbum
- 3) Monte Leone e Calcescisti di Devero
- 4) Gran San Bernardo
- 5) Monte Rosa
- 6) Sesia Lanzo e Dent Blanche

Considerando una teorica disposizione verticale delle Falde Pennidiche, si nota, alla base, la "zona infrapennidica" composta dalla Cupola di Verampio sopra di cui vi sono i ricoprimenti pennidici inferiori formati dalle Falde Pennidiche Antigorio, Lebendum e Monte Leone; ancora più sopra vi sono i ricoprimenti pennidici medi composti dalle falde del Gran San Bernardo oppure dall'unità del Camughera; appena sopra, si trovano le "Ofioliti di Antrona", seguite dai ricoprimenti pennidici inferiori, rappresentati dalla "Falda del Monte Rosa".

Si conclude il teorico schema verticale con le "unità ofiolitiche piemontesi", seguite dalle "falde del Dent Blanche" e del "Sesia Lanzo", considerate già facenti parte del sistema Austro-Alpino.

In particolare entrando in Val d'Ossola e risalendo la Val Antigorio si entra nel dominio dei ricoprimenti Pennidici Inferiori.

Questi sono delimitati a Sud dalla Linea Tettonica Sempione- Centovalli e sino costituiti, in successione dall'alto verso il basso da:

- 1) Ricoprimento del Monte Leone;
- 2) Ricoprimento del Lebendum;
- 3) Ricoprimento di Antigorio.

Tra i primi due ricoprimenti si intercalano i calcescisti con pietre verdi di Devero, mentre la falda del Lebendum è quella dell'Antigorio sono separate dalle sequenze mesozoiche del Forno-Cistella-Teggiolo.

L'alloctonia della falda di Antigorio è testimoniata dai sottostanti micascisti di Baceno che, data la presenza di grossi boudins di anfiboliti di probabile derivazione basaltica, si ritiene siano di origine vallesana.

Al di sotto di detti micascisti affiora la Cupola di Verampio; si tratta dell'unità più profonda dell'edificio a falde, con affinità infraelvetiche.

Il ricoprimento del Monte Leone è costituito da ortogneiss granitoidi ed occhiadini e da parascisti polimetamorfici. A tale falda vi si può associare la grande massa ultrafemica del Cervandone-Geispfad.

Il ricoprimento del Lebendum è costituito in prevalenza da scisti psefitico-psammitici del paleozoico superiore. I sovrastanti calcescisti con pietre verdi di Devero sono largamente scollati.

Il ricoprimento di Antigorio è formato da gneiss occhiadini, derivanti dal metamorfismo alpino di granitoidi Varisici. Le tre falde descritte sono ben visibili risalendo la valle Antigorio da Domodossola a Baceno.

La giacitura radicale è presente nella zona di Crevoladossola, mentre entrando nel ricoprimento dell'Antigorio, nei pressi di Oira, la giacitura diventa sub-orizzontale; ciò è dovuto al fatto che tale ricoprimento costituisce una piega coricata con vergenza W-NW. Continuando verso la località di Baceno si entra nella "Conca di Baceno".

In quest'area, la parte alta dei versanti è costituita dagli gneiss occhiadini dell'Antigorio; al di sotto di questi sono visibili i micascisti di Baceno ed infine la parte superiore della Cupola di Varampio.

Continuando oltre la località di Baceno ed entrando nella Valle di Devero, si incontrano nuovamente le imponenti masse di ortogneiss granitici e granodioritici facenti parte del ricoprimento della Falda di Antigorio.

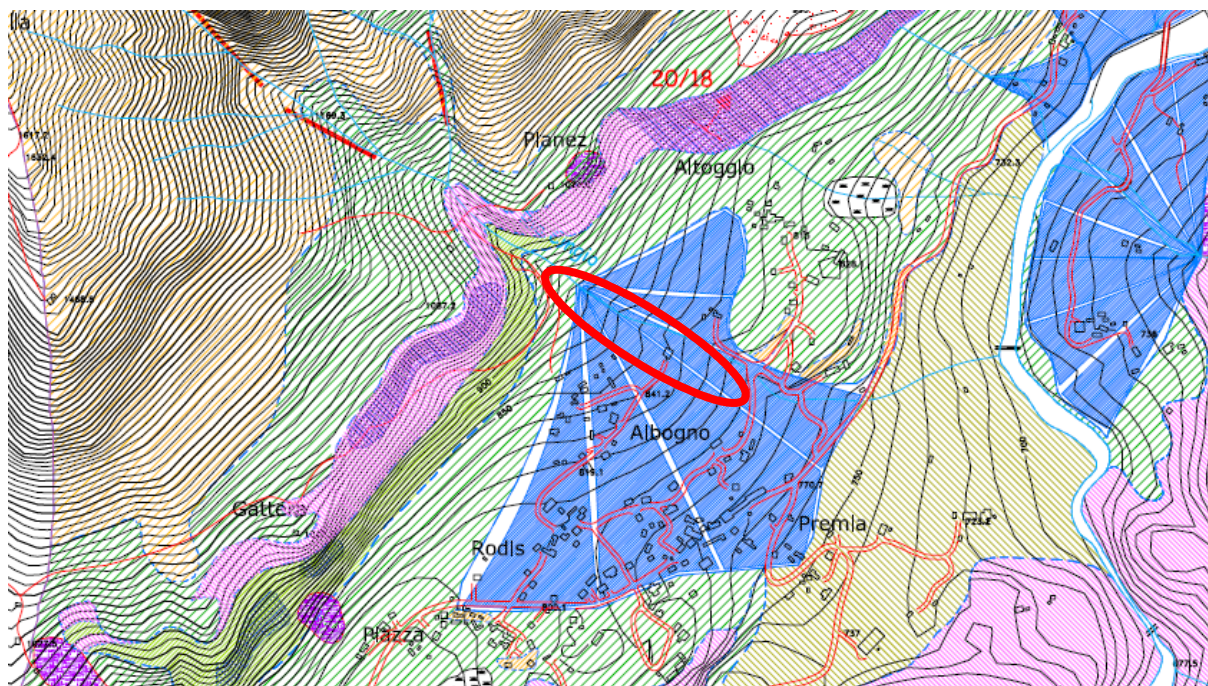
Nello specifico si osserva come la zona di interesse risulta collocata nelle formazioni del Pennidico Inferiore, ed in particolare l'areale all'intorno si caratterizza per la presenza degli Scisti di Baceno, composti da micascisti muscovitici-biotitici a staurolite e cianite, talora con boudins di anfiboliti.

Intercalati agli Scisti di Baceno si individua un livello calcareo-scistoso, in cui calcari e dolomie sono intercalati ai calcescisti, filladi e gneiss minuti fratturati.

Nello specifico, si tratta di un insieme omogeneo di micascisti granatiferi a due miche con locali intercalazioni di rocce gneissiche e di rocce basiche. Sono in prevalenza rocce marcatamente scistose, fogliettate con evidenti lamine di mica e granati rosso-bruni anche di notevoli dimensioni.

Poco a monte si passa invece agli ortogneiss granitico-granodioritici a biotite e muscovite della Falda di Antigorio; l'unità risulta disposta superiormente ai micascisti di Baceno.

Tali gneiss sono costituiti prevalentemente da tessitura occhiadina, talora porfirica, condizionata da grandi individui di feldspato potassico. La mesostasi comprende quarzo, plagioclasio oligoclasico-andesinico, biotite e muscovite; l'età è tardo varisica.



Estratto da Tav 1A Carta Geologica del PRG del comune di Premia

La coltre di copertura quaternaria, nelle zone interessate dalle opere previste, è invece rappresentata da depositi alluvionali di conoide (porzione apicale destra) del rio Cingio, fatta eccezione per il sito di imposta della nuova linea di barriera paramassi che interessa depositi detritici di versante.

A questa complessa storia geologica si sono sovrapposti fenomeni di rimodellamento glaciale, fluvio-glaciale e fluviale, con relativi depositi, che hanno dato luogo alle caratteristiche morfologie vallive attualmente osservabili.

2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

In generale, la morfologia della Valle Antigorio è stata significativamente condizionata, nel corso del Quaternario, da fenomeni di natura glaciale, i quali hanno esercitato sui pendii rocciosi un'opera modellatrice che ha conferito alla valle la tipica forma ad U.

Gli effetti dell'erosione glaciale possono osservarsi sia nella parte terminale di alcuni rilievi, le cui vette hanno assunto una forma piramidale, sia nelle ampie conche ad anfiteatro costituite da pareti ripide e soglia posta alla base di una parete strapiombante.

Il ritiro dei ghiacciai ha portato all'accumulo, lungo le pendici rocciose ed a valle delle stesse, di depositi di origine morenica, le cui potenze risultano estremamente variabili in rapporto alla successiva evoluzione del territorio.

Dopo l'era glaciale, all'azione del ghiacciaio si è sostituita l'azione fluviale, la quale ha approfondito le depressioni vallive ed inciso, modellato ed asportato i detriti esistenti.

Tale processo evolutivo ha conferito alla valle una forma a V, tipica di uno stadio giovanile. Detti nuovi eventi hanno sviluppato un reticolo idrografico la cui gerarchizzazione testimonia un'evoluzione morfologica.

Infine, gli eventi meteorici che hanno agito incessantemente sui versanti dal ritiro dei ghiacciai fino ad oggi, hanno sviluppato sul versante stesso delle coltri di copertura detritica accumulate alla base di pareti molto acclivi.

L'evolversi del territorio ha portato poi alla formazione di depositi alluvionali recenti, riscontrabili nelle porzioni di espansione del Fiume Toce.

2.2.1 ASPETTI GEOLITOLOGICI E GEOMORFOLOGICI LOCALI

L'area oggetto di indagine e degli interventi previsti da progetto risulta ubicata lungo il canale di scorrimento attivo in conoide del rio Cingio, a nord dell'abitato di Albogno e di Premia capoluogo.

Nello specifico, la zona interessata dalle opere in progetto si imposterà sui depositi detritici di conoide alluvionale (settori marginali all'alveo) e su depositi alluvionali torrentizi attuali relativamente agli interventi direttamente in alveo.

L'assetto morfologico dell'area è caratterizzato da un pendio globalmente ad acclività moderata vergente verso circa sud-est (apparato di conoide) con diffusi terrazzamenti naturali ed ondulazioni del terreno; il settore immediatamente a monte del corpo di conoide è invece caratterizzato da acclività di ordine medio, progressivamente in aumento verso la zona di raccordo con le pareti rocciose di monte. Il pendio detritico appare fittamente boscato a conifere e latifoglie, queste ultime prevalentemente concentrate nel settore basale del versante.

2.3 IDROGRAFIA

2.3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il lineamento idrografico superficiale principale è rappresentato dal Fiume Toce, che defluisce grossomodo in direzione N-S, ad Est e Sud-Est dell'area di intervento e ad una distanza minima di circa 750 ml ad Est.

Nell'ambito dell'areale di indagine il corso d'acqua di maggiore interesse e rilevanza è costituito dal rio Cingio, tributario di destra del Fiume Toce.

I principali dati idrologici del corso d'acqua sono riassunti di seguito:

A	Superficie del bacino	1,8 km ²
L	Lunghezza asta principale	2,15 km
H _{max}	Quota massima	2.240 m
H _{min}	Quota minima	770 m
H _{med}	Quota media	1.505 m

Il corso d'acqua lambisce la porzione settentrionale dell'abitato di Premia, edificato sulla conoide alluvionale generata dalla dinamica del collettore.

Da una speditiva analisi morfometrica dell'asta colatrice, effettuata sulla cartografia regionale CTR in scala 1:10.000, emerge che il rio presenta un ordine gerarchico pari a 3, un bacino imbrifero di moderata estensione areale e forma piuttosto stretta ed allungata in senso NW-SE. Il bacino imbrifero del rio presenta una superficie areale totale di circa 1,80 km², per uno sviluppo lineare dell'asta principale pari a circa 2,15 km, mentre la quota dell'apice di conoide è individuabile ad una quota di 875 metri s.l.m.

L'idrologia superficiale si completa con fenomeni di ruscellamento superficiale delle acque meteoriche, localmente convergenti nei canali morfologici esistenti nella fascia territoriale di indagine.

2.3.2 IDROGRAFIA SOTTERRANEA

Nell'ambito del bilancio idrologico le perdite d'acqua per infiltrazione dipendono principalmente dall'elevata permeabilità primaria della copertura, ed in sub-ordine dalla permeabilità secondaria del basamento roccioso (permeabilità dovuta a fratturazione).

In riferimento alla zona specifica di studio, si riscontrano depositi superficiali di tipo gravitativo di versante nel settore a monte dell'apparato di conoide del rio Cingio, e più a valle, i suddetti depositi alluvionali.

Nel contesto morfologico in analisi non è ipotizzabile la presenza di un orizzonte freatico vero e proprio, bensì è prevedibile una certa circolazione idrica sotterranea a livello di versante con regime strettamente occasionale e concomitante ad eventi meteorici di una certa intensità e/o durata.

Le acque meteoriche, una volta infiltratesi nel deposito detritico, propendono a scorrere lungo la superficie di interfaccia tra roccia e detrito generando un deflusso sotterraneo; tale circolazione tende comunque ad esaurirsi al termine delle precipitazioni.

Nell'ambito dei depositi di conoide possono inoltre instaurarsi dei flussi di subalveo alimentati sia dalle acque di versante che dalle acque di scorrimento del canale attivo del corso d'acqua.

Infine, 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..., e trattandosi comunque di rocce prevalentemente massive si ritiene piuttosto limitata la presenza di acqua in profondità.

2.4 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

L'analisi dettagliata condotta direttamente in sito, ha permesso di rilevare le caratteristiche del substrato roccioso presente in un intorno significativo dell'area di intervento, nonché la natura dei materiali di copertura superficiale presenti all'intorno.

Substrato roccioso

Nello specifico si osserva come la zona di interesse risulta collocata nelle formazioni del Pennidico Inferiore, ed in particolare il basamento affiorante presso la parete rocciosa a monte della Fraz. Albogno, si caratterizza per la presenza degli Scisti di Baceno, composti da micascisti muscovitici-biotitici a granato, staurolite e cianite, talora con boudins di anfiboliti. Intercalati agli Scisti di Baceno si individua un livello calcareo-scistoso.

Depositi di copertura

La coltre di copertura quaternaria è rappresentata da depositi alluvionali di conoide e da depositi alluvionali torrentizi nell'alveo attivo del corso d'acqua.

I litotipi di natura alluvionale in ambito di conoide hanno avuto origine per lo più dal disfacimento delle prevalenti rocce gneissiche che costituiscono il bacino montano del rio Cingio.

Tali depositi sono riferibili agli eventi evolutivi torrentizi, le cui fasi di maggiore o minore intensità hanno causato la deposizione di elementi rispettivamente di maggiori o minori dimensioni; il detrito risulta caratterizzato da un'alternanza tra livelli ghiaioso-sabbiosi inglobanti ciottoli eterometrici e livelli costituiti da sabbie ghiaioso-ciottolose mediamente addensate. Sono inoltre rilevabili in superficie, talora, modeste lenti di fine (detrito limoso-sabbioso), le quali però non presentano una significativa continuità lineare.

Le caratteristiche dei terreni indagati determinano una permeabilità che secondo la tabella di Casagrande e Fadum è classificabile come "Buona".

La potenza del substrato detritico, nell'intorno dell'area analizzata, può essere stimato nell'ordine decametrico.

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 esplicate.

3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ 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 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:

- 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 di ciascun sito oggetto di analisi, per lo stato limite ultimo SLV forniscono i dati indicati nel seguito.

a_g	0,096
F_o	2,432
T_c^*	0,285
T_R	475

*Le coordinate utilizzate, corrispondenti alla posizione baricentrica dei terreni, sono di tipo WGS84 ed inserite nel software "Spettri-NTC" versione 1.0.3, latitudine 46.271525 - longitudine 8.340244

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:

<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
P_{VR}	63% per SLD	
P_{VR}	10% per SLV	

3.1.3 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.

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 .

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 del Comune di Premia (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 .

I terreni interessati dal dissesto risultano caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionale di conoide con spessore mediamente pluri-metrico, poggianti sul substrato roccioso rigido sottostante.

Pertanto secondo i criteri elencati al punto 3.1 dell'Allegato 2 dell'O.P.C.M. n°3274 dell'17/11/2003 e nel D.M. 17/01/2018, si ritiene idoneo identificare i terreni di fondazione in una categoria di suolo assimilabile alla categoria "E", definita come "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m".

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

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
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T ₃	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
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

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

Sulla scorta dell'analisi della risposta sismica locale di cui in precedenza, è ora possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo A_{max} , valore che verrà adottato per i calcoli di verifica analitica.

$$A_{max} = a_g * S_S * S_T = [0,096 \text{ g} * 1,60 * 1,00] = \mathbf{0,154 \text{ g}}$$

3.2 CARATTERISTICHE DI PROGETTO

I lavori consistono nella realizzazione di diverse opere finalizzate alla regimazione del Rio Cingio e quindi alla messa in sicurezza della conoide e degli abitati che vi insistono. Le opere previste sono:

- 3 briglie selettive nella porzione a monte della tratta regimata, atte a garantire la stabilizzazione della porzione apicale di conoide (sez. 1-8);

- n. 17 soglie di fondo al fine di inibire incisioni dell'asta nel tratto maggiormente vulnerabile e quindi proteggere la nuova arginatura in progetto, si rimanda alla tavola 7b Particolari soglie per il dimensionamento delle singole opere;
- argini in massi di cava intasati e infiorettati in sponda destra e sinistra in corrispondenza dell'importante arginatura presente ad oggi in sponda destra orografica tra le briglie 2-3 di altezza complessiva 3,5 metri e spessore 1,6 metri per uno sviluppo lineare di circa 40 metri;
- sottomurazione dell'arginatura esistente in destra idrografica tra le sez. 5-8 con massi di cava intasati e infiorettati di altezza 3,2 metri spessore 1,6 metri per uno sviluppo lineare di circa 55 metri;
- Posa di barriera Debris Flow ad elevato assorbimento di energia DF tipo UX100 sulla briglia 1 a contenimento delle eventuali colate detritiche per 70 mq di superficie;
- mantellata con massi reperiti in alveo e intasati con cls in sponda destra tra le sezioni 5-8 nell'area compresa tra il muro di sottofondazione e il nuovo argine in progetto;
- nuova difesa spondale esterna all'alveo ordinario realizzata con massi di cava squadrati intasati e infiorettati, con altezza complessiva 7,5 metri di cui 2 per la fondazione con spessore in testa di 2 metri per uno sviluppo lineare di circa 130 metri, avente funzione protettiva nei confronti del centro abitato ovvero atta ad impedire divagazioni in destra orografica delle colate preventivabili;
- vallo paracolate realizzato con materiale proveniente dalle operazioni di scavo e successivamente inerbito di forma trapezoidale con base di circa 19 metri, coronamento 2 metri e altezza compresa tra i 5 e i 6 metri; alla base dello stesso verso l'alveo dovrà essere posto un corazzamento realizzato con massi di dimensione medio-grossa per evitare l'erosione; tale intervento renderà possibile ricavare una zona di calma ed espansione con smorzamento di energia, favorendo l'accumulo di materiale a monte degli attraversamenti stradali;
- nuovi muri d'argine con massi di cava intasati e infiorettati nel tratto compreso tra la sez. 9 e la soglia 10 avente altezza complessiva di 2,8 metri di cui 0,8 per la fondazione, spessore 1,6 metri e sviluppo lineare di circa 110 metri;
- nuovi muri d'argine con massi di reperiti in alveo intasati e infiorettati nel tratto compreso tra la soglia 10 e la sez. 17 avente altezza complessiva di 3,2 metri di cui 0,8 per la fondazione, spessore 1,6 metri e sviluppo lineare di circa 155 metri.

Le caratteristiche di progetto e quindi gli elementi geometrici principali, sono riportati negli elaborati progettuali allegati.

3.2.1 MOVIMENTAZIONE DI MATERIALE

Dall'analisi degli elaborati di progetto si evince come il volume relativo ai lavori di scavo necessari alla realizzazione delle opere di progetto, risulti essere pari a circa 16.309,51 m³, mentre il volume relativo ai lavori di riporto necessari alla realizzazione delle opere di progetto risulti essere pari a circa 8.468,14 m³.

Il "volume di scavo" come definito dalla L.R. 45/89 s.m.i. risulta pertanto complessivamente pari a 24.777,65 m³. Di seguito si riporta tabella dei calcoli per le operazioni di scavo e riporto suddividendo gli stessi tra la voce di scavo di sbancamento in alveo e di fondazione per le opere di contenimento (tab.1) e gli scavi di sbancamento e di fondazione per le opere trasversali (tab.2); la voce di riporto riguarda principalmente la realizzazione del vallo paracolte in sinistra idrografica e l'imbuttimento a tergo della difesa sponale esterna all'alveo. Parte del materiale potrà essere usato per livellamenti locali del terreno in fase esecutiva di difficile previsione allo stato attuale.

La superficie complessiva soggetta a modifica/trasformazione per effetto dei lavori in oggetto risulta essere pari a circa 13.750 m².

Sezioni	Scavi Sbancamento	Scavi Fondazioni Argini	Riporti		Distanza	Scavi Sbancamento	Scavi Fondazioni Argini	Riporti
0	0	0	0	0-1	12,5	26,875	0	0
1	4,3	0	0	1-2	20	293	0	0
2	25	0	0	2-2bis	2,3	57,385	0	0
2bis	24,9	0	0	2bis-3	17,3	394,44	0	0
3	20,7	0	0	3-4	18,7	438,515	0	116,875
4	24,6	0	0	4-5	8,5	209,1	5,525	0
5	26,2	1,3	12,5	5-6	22	360,8	74,8	267,3
6	24,6	5,5	0	6-7	12	305,4	66	27,6
7	6,6	5,5	11,8	7-7bis	4,3	70,735	23,65	35,26
7bis	26,3	5,5	4,6	7bis-8	23	533,6	63,25	69
8	20,1	0	1,4	8-9	22	293,7	0	60,5
9	6,6	0	4,1	9-10	11	169,4	60,5	34,1
10	24,2	11	2,1	10-11	35	621,25	327,25	98
11	11,3	7,7	3,5	11-12	39	497,25	351	585
12	14,2	10,3	26,5	12-12bis	3,5	45,325	32,025	98,35
12bis	11,7	8	29,7	12bis-13	33,4	574,48	307,28	1761,85
13	22,7	10,4	75,8	13-14	25,7	499,865	172,19	1963,48
14	16,2	3	77	14-15	23,8	403,41	53,55	1600,55
15	17,7	1,5	57,5	15-15bis	2,7	41,31	5,4	157,275
15bis	12,9	2,5	59	15bis-16	54	699,3	135	1593
16	13	2,5	0	16-17	33	488,4	82,5	0
17	16,6	2,5	0	17-fine	12	99,6	15	0
fine	0	0	0					
TOTALE VOLUMI						7123,14	1774,92	8468,14

Tab.1

Opera	Scavi Sbancamento	Scavi Fondazioni
briglia 1	501,25	362,5
briglia 2	523,5	435
briglia 3	713,4	420,5
soglia 1	366,8	109,2
soglia 2	327,5	97,5
soglia 3	301,3	89,7
soglia 4	301,3	89,7
soglia 5	320,95	95,55
soglia 6	209,6	62,4
soglia 7	327,5	97,5
soglia 8	327,5	97,5
soglia 9	314,4	93,6
soglia 10	288,2	85,8
soglia 11-13	168	93,6
soglia 14-17	120	70,2
TOTALE VOLUMI	5111,2	2300,25

Tabella riassuntiva dei volumi di scavo e riporto con volume del materiale da trasportare fuori dal cantiere

Totale Scavi sbancamento	12234,34
Totale Scavi fondazione	4075,17
TOTALE SCAVI	16309,51
Totale Riporti	8468,14
Materiale da trasportare	7841,37

Tab.2

3.3 CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

In relazione all'osservazione diretta dei terreni detritici in analisi su cui andranno ad impostarsi le opere in progetto, e sulla scorta di analisi correlative svolte in merito, il terreno può essere classificato secondo lo Unified Soil Classification System, comunemente adottato dal Corps of Engineers e dal Bureau of Reclamation System; si attribuisce quindi il materiale indagato al gruppo **GW**, definibile genericamente come *ghiaie sabbiose*.

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 32 e 53 gradi.

In funzione della classificazione ottenuta, si possono inoltre definire le seguenti caratteristiche:

- possibile azione del gelo:	da lieve a media
- compressibilità e rigonfiamento:	molto lieve
- caratteristiche di drenaggio:	da discreto a scarso
- permeabilità:	$10^{-3} / 10^{-6}$ cm/sec
- densità secca AASHO:	1,90 / 2,15 T/m ³
- caratteristiche di compattazione:	buone con accurato controllo, ruote gommate, rullo a piede di pecora
- valori tipici di progetto:	
C.B.R.	40 / 60
moduli di sottofondo	5,5 / 8,3 kg/cm ²

3.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

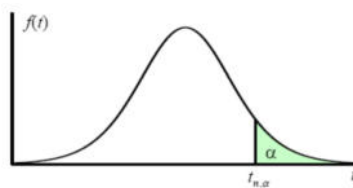
In riferimento ai depositi detritici di copertura si è operata la trattazione statistica dei parametri geotecnici dei depositi sciolti, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine; si propone quindi di valutare l'angolo d'attrito caratteristico 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 a ciascuna 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 (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:

dove:

- 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:

dove:

μ = media della popolazione

- Detrito di copertura alluvionale

dati	media dati	Xk	
32	42,50	35,1	Valore caratteristico
53	COV Φ %	Xd	
	15	29,3	Valore di progetto
	n° dati		
	2		

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

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

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 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Vengono nel seguito svolte le verifiche di stabilità globale sulla sezione 14 di progetto, in quanto rappresenta la conformazione maggiormente critica per movimentazione di materiale.

Il modello di calcolo ha previsto l'inserimento dell'accelerazione sismica e di parametri geotecnici caratteristici. Il profilo interno del rilevato presenta un'inclinazione di circa 45° la quale verrà realizzata utilizzando massi di grosse dimensioni.

L'attuazione delle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi SLU prevede, per il caso in esame, l'utilizzo dell'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2).

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 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 i piani 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).

Impostazione delle procedure 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 1 metro), trascurando l'interazione laterale fra tale striscia e il terreno contiguo;
- b) La resistenza al taglio lungo la superficie potenziale di rottura deve essere esprimibile attraverso la legge di Coulomb:

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:

$$T_{mob} = \left(\frac{c}{F_{sic}} \right) + \left(\gamma * h * \frac{\tan \phi}{F_{sicp}} \right)$$

con

F_{sic} = coefficiente di sicurezza legata a γ

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 1 combinazione 2):

$F_{sic} = 1,25$ (coesione drenata) o $1,40$ (coesione non drenata)

$F_{sicp} = 1,25$

- d) 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 di omogeneità di T_{mob} . Nella pratica i limiti dei conci vengono fatti cadere dove vi sia una variazione significativa di ϕ , c e γ 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:

$$T = \frac{(c * l + N * \tan \varphi)}{F_{sic}}$$

con

l = lunghezza del concio.

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

3.5.1 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:

$$T_i \max = \frac{X_i}{\left(1 + Y_i/F_s\right)}$$

con

$$X_i = [c + (g * h - g_w * h_w) * \tan \varphi] * dx / \cos \alpha$$

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.

$Y_i = \tan \alpha * \tan \varphi$

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

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

con

$$Z_i = g * h * dx * \sin \alpha$$

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

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:

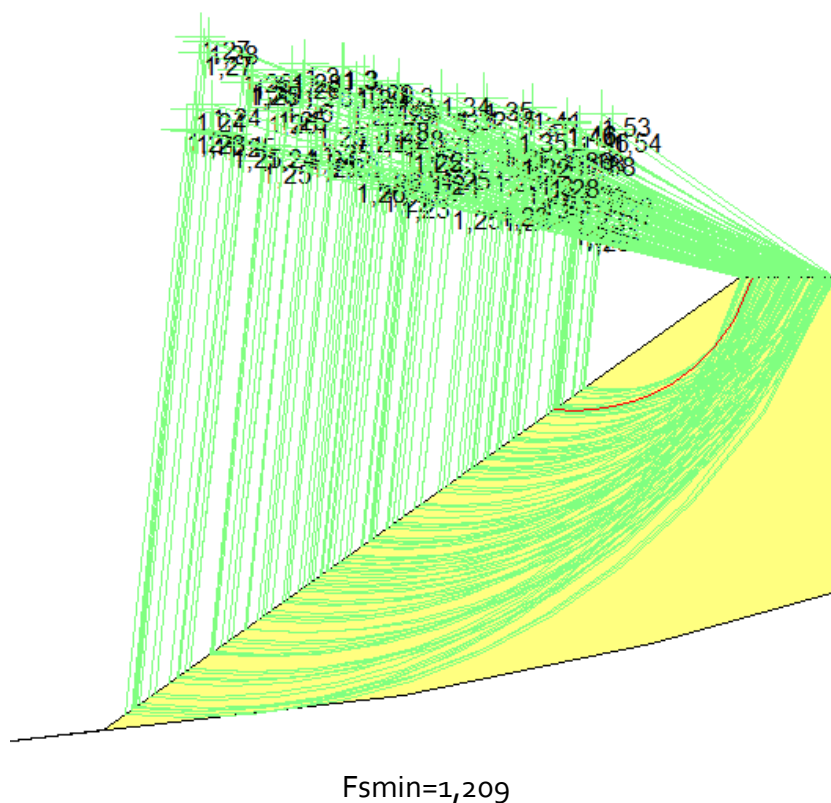
- $s' = (g * h - g_w * h_w - c * \tan \alpha / F_s) / (1 + Y / F_s) > 0$

con s' = pressione normale agente sulla base del concio;

- $\cos \alpha * (1 + Y / F_s) > 0,2$

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

3.5.2 RISULTATI DI CALCOLO



Tale valore rappresenta l'altezza massima che potrà essere raggiunta e mantenuta per un breve periodo di tempo (con condizioni meteorologiche di tempo asciutto) per lavori di scavo con parete sub-verticale in detrito (qualora lo spessore della copertura raggiunga in sito tale potenza).

È di fondamentale importanza procedere mediante azione di sbadacchiatura o armatura delle pareti di scavo verticali qualora le stesse presentino altezza superiore a quella calcolata, al fine di prevenire fenomeni di collasso del fronte di scavo.

Si evidenzia la necessità di ricoprire con teli impermeabili i fronti di scavo in occasione di eventi meteorici, al fine di inibire processi di dilavamento degli stessi.

Prevedendo eventuale presenza di materiale fine (limo) tale da rendere il suolo "coerente" si propone di tenere il fronte di scavo a sviluppo subverticale per altezze inferiori ai 2 metri, e la realizzazione di opere di sostegno provvisori e/o riprofilature o gradonature secondo angoli meno acclivi.

In caso di presenza di acqua durante lo svolgimento dello scavo o successivamente ad esso dovrà essere previsto un sistema di drenaggio e smaltimento delle acque.

4 CRITERI TECNICO ESECUTIVI

Dopo aver analizzato le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area oggetto di studio, aver calcolato la stabilità globale delle opere previste, possono definirsi gli aspetti tecnici e le modalità esecutive secondo le quali dovranno realizzarsi le opere in progetto:

- L'opera di fondazione delle scogliere, dovrà essere impostata direttamente sul detrito s.s., quindi al di sotto del livello terroso-vegetale superficiale, livellando e costipando adeguatamente il piano di imposta;
- Se durante gli scavi si riscontra la presenza del substrato roccioso i muri andranno ancorati allo stesso;
- La formazione dei riporti prevede lo sfruttamento del materiale di risulta degli scavi; questo dovrà essere opportunamente selezionato in modo da ottenere le caratteristiche geotecniche e meccaniche descritte in relazione.
- Sarà necessario effettuare un'immediata operazione di ripristino sulle scarpate di neoformazione, da 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'innescare di momenti evolutivi locali, od ancor peggio favorirebbe la fluidificazione del terreno più superficiale e quindi il relativo franamento.

- Il piano di posa del materiale dovrà avvenire in ogni caso al di sotto della coltre di copertura detritico-vegetale, quindi direttamente sul detrito costituente il substrato di copertura.
- La coltre terroso vegetale preventivamente rimossa verrà mantenuta in cantiere per poi essere rispalmata al di sopra del terreno di riporto in modo da favorire il ripristino ambientale finale del sito.
- Il riporto di materiale, che verrà eseguito utilizzando il materiale di scavo, dovrà essere posato per strati successivi di limitato spessore (max=0,5m) di volta in volta livellati, costipati/rullati.
- La compattazione del materiale dovrà consentire di ottenere un pendio stabile, compatto e non cedevole sia nel breve sia nel lungo periodo.
- Durante la durata degli scavi i fronti verticali non armati non potranno superare i 2 metri in altezza solo in presenza di componente matriciale fine coesiva, se fosse necessario ottenere profondità maggiori occorrerà provvedere alla realizzazione di opere di contenimento temporanee del fronte; in ogni caso in occasione di eventi meteorici lo scavo dovrà essere coperto con teloni impermeabilizzanti per evitare la mobilitazione del terreno. In caso di mancanza della componente fine sopracitata gli scavi non potranno presentare sviluppo verticale ma dovranno essere opportunamente gradonati e/o armati.
- La realizzazione delle nuove opere in progetto dovrà avvenire prevedendo una adeguata profondità di imposta della fondazione, ossia a sufficiente profondità rispetto alla quota del profilo attuale (2m argine sponda destra, 1,3m soglie-briglie e 0,8 metri scogliere).
- La realizzazione delle scogliere in massi dovrà prevedere la legatura dei blocchi tra loro mediante infissione di barre di ancoraggio in acciaio ad aderenza migliorata, sigillate con malte cementizie antiritiro, il tutto annegato in cls.
- Il dimensionamento dei tiranti per la barriera Debris Flow dovrà essere eseguito utilizzando i parametri geotecnici riportati nella presente relazione e in funzione del tipo di barriera posata.

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente indagine ha permesso di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area d'intervento, nonché analizzare le condizioni di pericolosità e di rischio residuo della zona indagata, al fine di fornire sia un quadro generale della zona che un'analisi puntuale e dettagliata degli elementi di dissesto presenti.

Alla luce delle analisi effettuate, il presente progetto riguardante il completamento /potenziamento dei lavori di sistemazione idrogeologica del bacino del rio Cingio, nel territorio del Comune di Premia (VB), consente di fornire un'accurata analisi dei fenomeni di dissesto individuabili nell'area di versante in analisi, e quindi di determinare, in funzione del grado di rischio residuo, gli interventi da realizzare per ottenere una concreta minimizzazione del rischio nei confronti di fenomeni rilevati, il tutto riconducibile anche ai vincoli gravanti sull'area a livello di P.R.G.C.

Domodossola, luglio 2024

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Vallo di contenimento - parete esterna

CONDIZIONI SISMICHE

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Riferimenti:

Data:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	Ordinate Y (m)
0	1873,94
0	1880,21
2,61	1880,52
15,19	1889,44
17,19	1889,44

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

Parametri geotecnici degli strati

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Materiale di riporto

Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2000
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	400
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

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Depositi alluvionali di conoide	
Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cm ^q):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cm ^q):	400
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cm ^q):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

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	7,25	1883,81	15,4	1889,44		1,233					
2	6,46	1883,25	16,52	1889,44		1,276					
3	9,6	1885,48	16,23	1889,44		1,276					
4	8,87	1884,96	16,44	1889,44		1,291					
5	9,22	1885,21	16,12	1889,44		1,253					
6	4,74	1882,03	16,12	1889,44		1,262					
7	10,19	1885,89	16,9	1889,44		1,372					
8	8,31	1884,56	15,61	1889,44		1,234					
9	3,63	1881,24	15,53	1889,44		1,237					
10	6,64	1883,38	16,13	1889,44		1,254					
11	3,15	1880,9	17,03	1889,44		1,274					
12	10,38	1886,03	17,01	1889,44		1,411					
13	5,06	1882,26	16,34	1889,44		1,259					
14	10,36	1886,01	16,3	1889,44		1,314					
15	9,96	1885,73	15,41	1889,44		1,246					
16	12,12	1887,27	16,86	1889,44		1,538					
17	7,84	1884,23	15,66	1889,44		1,222					
18	11,55	1886,86	16,1	1889,44		1,324					
19	5,39	1882,49	16,97	1889,44		1,296					
20	3,05	1880,83	15,49	1889,44		1,238					
21	12	1887,18	15,8	1889,44		1,258					
22	7,89	1884,26	16,27	1889,44		1,266					
23	4,23	1881,67	16,5	1889,44		1,257					
24	7,98	1884,33	15,82	1889,44		1,231					
25	11,87	1887,08	15,47	1889,44		1,234					
26	11,68	1886,95	15,39	1889,44		1,228					
27	6,14	1883,02	15,63	1889,44		1,231					
28	11,43	1886,77	16,81	1889,44		1,462					
29	11,51	1886,83	15,44	1889,44		1,209					
30	5,81	1882,79	16,1	1889,44		1,252					
31	10,75	1886,29	15,8	1889,44		1,223					
32	6,9	1883,56	16,75	1889,44		1,285					
33	5,42	1882,51	16,66	1889,44		1,277					
34	9,87	1885,67	16,36	1889,44		1,298					
35	5,74	1882,74	15,55	1889,44		1,229					
36	4,72	1882,01	15,25	1889,44		1,249					
37	11,48	1886,81	15,7	1889,44		1,231					
38	4,1	1881,58	16,68	1889,44		1,262					
39	7,01	1883,64	16,19	1889,44		1,259					
40	8,2	1884,48	16,7	1889,44		1,325					
41	7,7	1884,13	16,05	1889,44		1,252					
42	10,67	1886,24	15,68	1889,44		1,212					
43	3,51	1881,16	15,99	1889,44		1,238					
44	7,06	1883,68	15,55	1889,44		1,259					
45	10,76	1886,3	15,83	1889,44		1,247					
46	11,35	1886,72	16,54	1889,44		1,383					
47	9,41	1885,34	16,89	1889,44		1,354					
48	11,58	1886,88	16,06	1889,44		1,319					
49	5,93	1882,87	15,83	1889,44		1,246					
50	5,66	1882,68	15,67	1889,44		1,239					
51	7,38	1883,9	15,26	1889,44		1,215					
52	6,91	1883,57	16,96	1889,44		1,305					
53	7,74	1884,16	15,21	1889,44		1,229					
54	12,08	1887,24	15,98	1889,44		1,288					

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

<i>N.</i>	<i>X valle m</i>	<i>Y valle m</i>	<i>X monte m</i>	<i>Y monte m</i>	<i>Fellenius</i>	<i>Bishop</i>	<i>Janbu</i>	<i>G.L.E.</i>	<i>Sarma</i>	<i>Spencer</i>	<i>Kc</i>
55	8,75	1884,88	16,8	1889,44		1,323					
56	11,5	1886,82	16,53	1889,44		1,402					
57	11,13	1886,56	16,9	1889,44		1,459					
58	9,77	1885,6	16,4	1889,44		1,31					
59	9,67	1885,52	16,01	1889,44		1,263					
60	4,32	1881,74	16,62	1889,44		1,262					
61	7,27	1883,82	16,68	1889,44		1,289					
62	3,32	1881,03	16,98	1889,44		1,279					
63	9,32	1885,28	17,03	1889,44		1,348					
64	10,41	1886,05	15,92	1889,44		1,258					
65	11,51	1886,83	16,1	1889,44		1,322					
66	11,14	1886,57	16,87	1889,44		1,456					
67	11,61	1886,9	16,52	1889,44		1,382					
68	3,91	1881,44	15,56	1889,44		1,251					
69	7,47	1883,97	16,78	1889,44		1,306					
70	8,88	1884,97	15,23	1889,44		1,255					
71	6,7	1883,42	16,92	1889,44		1,293					
72	5,15	1882,32	16,74	1889,44		1,281					
73	6,55	1883,32	16,82	1889,44		1,286					
74	8,55	1884,73	15,85	1889,44		1,248					
75	4,92	1882,16	16,19	1889,44		1,253					
76	8,32	1884,57	15,74	1889,44		1,243					
77	3,25	1880,97	16,79	1889,44		1,272					
78	7,15	1883,74	16,39	1889,44		1,282					
79	5,14	1882,31	16,85	1889,44		1,284					
80	10,47	1886,1	16,48	1889,44		1,345					
81	11,88	1887,09	17,04	1889,44		1,533					
82	8,23	1884,5	16,1	1889,44		1,248					
83	11,13	1886,56	16,53	1889,44		1,364					
84	3,21	1880,94	15,87	1889,44		1,237					
85	6,27	1883,11	17,06	1889,44		1,304					
86	10,63	1886,21	16,09	1889,44		1,296					
87	10,22	1885,92	16,33	1889,44		1,316					
88	9,9	1885,69	15,48	1889,44		1,234					
89	7,47	1883,97	16,33	1889,44		1,284					
90	7,47	1883,96	16,99	1889,44		1,303					
91	4,77	1882,05	15,55	1889,44		1,24					
92	6,78	1883,48	15,3	1889,44		1,262					
93	8,4	1884,62	16,97	1889,44		1,337					
94	4,05	1881,54	15,4	1889,44		1,252					
95	6,2	1883,07	17,05	1889,44		1,303					
96	7,91	1884,28	16,01	1889,44		1,253					
97	3,24	1880,97	15,5	1889,44		1,231					
98	10,9	1886,4	16,11	1889,44		1,283					
99	4,3	1881,72	16,5	1889,44		1,25					
100	10,12	1885,84	16,67	1889,44		1,349					

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

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

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,15

Coefficiente beta.....: 0,2

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

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

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)
29	1,209	Bishop semplificato		11,512	1886,832									
			1	11,905	1886,812	0,39	-3	0,059	70,77	0	0	0	35	0
			2	12,298	1886,833	0,39	3,1	0,168	212,31	0	0	0	35	0
			3	12,691	1886,897	0,4	9,3	0,261	353,84	0	0	0	35	0
			4	13,084	1887,006	0,41	15,5	0,336	495,38	0	0	0	35	0
			5	13,477	1887,165	0,42	21,9	0,393	636,92	0	0	0	35	0
			6	13,871	1887,38	0,45	28,7	0,43	707,69	0	0	0	35	0
			7	14,264	1887,665	0,49	35,9	0,441	707,69	0	0	0	35	0
			8	14,657	1888,043	0,55	43,9	0,42	707,69	0	0	0	35	0
			9	15,05	1888,569	0,66	53,2	0,352	566,15	0	0	0	35	0
			10	15,443	1889,44	0,96	65,7	0,152	212,31	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):..... 0,15

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

Coefficiente beta.....: 0,2

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Vallo di contenimento - parete interna

CONDIZIONI SISMICHE

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)

Ordinate Y (m)

0	1873,94
0,01	1880,21
3,77	1880,2
11,21	1886,42
13,21	1886,42

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

Parametri geotecnici degli strati

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Materiale di riporto

Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2000
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	400
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

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Depositi alluvionali di conoide	
Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cm ^q):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cm ^q):	400
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cm ^q):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

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	7,22	1883,08	12,46	1886,42		1,275					
2	5,28	1881,46	11,3	1886,42		1,18					
3	6,95	1882,86	11,76	1886,42		1,216					
4	6,29	1882,3	11,81	1886,42		1,189					
5	5,57	1881,7	12,42	1886,42		1,231					
6	6,4	1882,4	11,63	1886,42		1,183					
7	3,84	1880,26	12,92	1886,42		1,234					
8	6,86	1882,79	11,98	1886,42		1,215					
9	5,53	1881,67	12,53	1886,42		1,229					
10	5,84	1881,93	12,25	1886,42		1,195					
11	5,38	1881,55	13,04	1886,42		1,269					
12	4,92	1881,16	12,86	1886,42		1,228					
13	5,47	1881,62	12,63	1886,42		1,239					
14	4,86	1881,11	12,36	1886,42		1,211					
15	4,34	1880,68	11,52	1886,42		1,19					
16	4,25	1880,6	12,59	1886,42		1,212					
17	5,94	1882,01	11,34	1886,42		1,179					
18	6,53	1882,51	12,24	1886,42		1,212					
19	5,88	1881,97	11,7	1886,42		1,159					
20	5,96	1882,03	12,66	1886,42		1,252					
21	7,83	1883,59	12,64	1886,42		1,341					
22	6,39	1882,39	11,79	1886,42		1,183					
23	8,08	1883,8	13,04	1886,42		1,463					
24	6,27	1882,29	12,97	1886,42		1,315					
25	7,59	1883,4	11,67	1886,42		1,155					
26	3,8	1880,22	11,66	1886,42		1,18					
27	4,19	1880,55	12,3	1886,42		1,192					
28	5,39	1881,55	12,73	1886,42		1,243					
29	5,98	1882,05	11,65	1886,42		1,169					
30	8,21	1883,91	11,52	1886,42		1,146					
31	5,29	1881,47	12,01	1886,42		1,193					
32	4,86	1881,11	12,12	1886,42		1,201					
33	5,95	1882,02	11,24	1886,42		1,176					
34	6,76	1882,7	12,41	1886,42		1,227					
35	3,96	1880,36	12,58	1886,42		1,214					
36	3,92	1880,33	12,12	1886,42		1,182					
37	4,48	1880,8	11,62	1886,42		1,189					
38	8,4	1884,07	11,24	1886,42		1,199					
39	4,71	1880,99	12,16	1886,42		1,193					
40	7,04	1882,93	12,54	1886,42		1,27					
41	7,36	1883,2	11,74	1886,42		1,163					
42	3,84	1880,26	11,98	1886,42		1,173					
43	7,15	1883,03	12,13	1886,42		1,228					
44	4,62	1880,91	11,93	1886,42		1,195					
45	4,39	1880,72	11,74	1886,42		1,191					
46	5,03	1881,25	12,62	1886,42		1,233					
47	5,14	1881,34	11,61	1886,42		1,166					
48	6,03	1882,09	12,31	1886,42		1,219					
49	5,87	1881,96	12,94	1886,42		1,294					
50	5,88	1881,96	12,26	1886,42		1,196					
51	5,92	1881,99	12,78	1886,42		1,27					
52	6,12	1882,16	12,83	1886,42		1,278					
53	6,18	1882,22	12,5	1886,42		1,223					
54	7,05	1882,94	11,39	1886,42		1,15					

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

<i>N.</i>	<i>X valle m</i>	<i>Y valle m</i>	<i>X monte m</i>	<i>Y monte m</i>	<i>Fellenius</i>	<i>Bishop</i>	<i>Janbu</i>	<i>G.L.E.</i>	<i>Sarma</i>	<i>Spencer</i>	<i>Kc</i>
55	5,26	1881,45	11,7	1886,42		1,169					
56	8,17	1883,88	12,81	1886,42		1,406					
57	5,28	1881,46	12,49	1886,42		1,231					
58	4,16	1880,52	13,01	1886,42		1,245					
59	8,2	1883,9	12,43	1886,42		1,318					
60	5,44	1881,59	11,4	1886,42		1,186					
61	7,14	1883,02	12,19	1886,42		1,247					
62	6,31	1882,32	11,86	1886,42		1,191					
63	5,81	1881,91	11,92	1886,42		1,191					
64	4,68	1880,96	12	1886,42		1,197					
65	8,06	1883,79	11,58	1886,42		1,147					
66	4,81	1881,07	12,39	1886,42		1,222					
67	4,78	1881,04	11,3	1886,42		1,156					
68	5,67	1881,79	11,99	1886,42		1,19					
69	7,15	1883,03	11,28	1886,42		1,153					
70	7,54	1883,35	12,67	1886,42		1,322					
71	3,85	1880,26	11,46	1886,42		1,188					
72	8,35	1884,03	11,46	1886,42		1,161					
73	7,98	1883,72	13,09	1886,42		1,48					
74	5,86	1881,95	12,9	1886,42		1,276					
75	7,02	1882,92	11,68	1886,42		1,176					
76	5,51	1881,65	12,9	1886,42		1,257					
77	4,38	1880,71	12,95	1886,42		1,241					
78	5,51	1881,66	13,02	1886,42		1,282					
79	6,98	1882,88	11,83	1886,42		1,21					
80	7,39	1883,23	12,71	1886,42		1,303					
81	4,99	1881,22	12,36	1886,42		1,212					
82	4,61	1880,9	11,82	1886,42		1,193					
83	7,56	1883,37	13,08	1886,42		1,391					
84	7,47	1883,29	11,92	1886,42		1,209					
85	3,94	1880,34	12,52	1886,42		1,203					
86	6,38	1882,38	12,8	1886,42		1,271					
87	7,49	1883,31	13,07	1886,42		1,385					
88	7,37	1883,21	12,23	1886,42		1,257					
89	5,4	1881,56	12,63	1886,42		1,238					
90	7,47	1883,29	12,06	1886,42		1,219					
91	7,07	1882,96	12,21	1886,42		1,231					
92	8,03	1883,76	12,49	1886,42		1,328					
93	7,22	1883,08	11,51	1886,42		1,163					
94	5,42	1881,58	12,47	1886,42		1,225					
95	4,03	1880,42	12,8	1886,42		1,22					
96	4,09	1880,47	12,18	1886,42		1,178					
97	7,27	1883,13	12,22	1886,42		1,237					
98	5,63	1881,76	11,9	1886,42		1,187					
99	5,54	1881,68	11,62	1886,42		1,182					
100	6,45	1882,44	11,64	1886,42		1,184					

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

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

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,15

Coefficiente beta.....: 0,2

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

Studio Geologico Paolo Marangon

Via Bonomelli 16-28845, Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Comune di Premia

Località: Premia Rio Cingio

Data:

Riferimenti:

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)
30	1,146	Bishop semplificato		8,211	1883,913									
			1	8,542	1883,891	0,33	-3,8	0,049	59,49	0	0	0	35	0
			2	8,872	1883,906	0,33	2,6	0,142	178,47	0	0	0	35	0
			3	9,203	1883,958	0,33	9	0,222	297,46	0	0	0	35	0
			4	9,533	1884,05	0,34	15,5	0,29	416,44	0	0	0	35	0
			5	9,864	1884,185	0,36	22,2	0,343	535,43	0	0	0	35	0
			6	10,194	1884,371	0,38	29,3	0,382	654,41	0	0	0	35	0
			7	10,525	1884,619	0,41	37	0,401	713,9	0	0	0	35	0
			8	10,855	1884,956	0,47	45,5	0,396	654,41	0	0	0	35	0
			9	11,186	1885,44	0,59	55,7	0,352	535,42	0	0	0	35	0
			10	11,516	1886,42	1,03	71,4	0,159	237,97	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):..... 0,15

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

Coefficiente beta.....: 0,2