

COMUNE DI DUBINO

Provincia di Sondrio

**PROGETTO DI GESTIONE DI UN IMPIANTO DI RECUPERO DI RIFIUTI
SPECIALI NON PERICOLOSI (R13 – R5)
AI SENSI DELL'ART. 208 DEL D.LG.S. 152/2006 E S.M.I.**

Relazione geologica e verifiche di stabilità

SESTRI S.r.l.

GEOROBICA VALTELLINESE

Luciano Leusciatti
Via Privata Moroni, 5
23100 Sondrio (SO)
Tel. 0342/201615
Cell. 3389314851
Partita IVA: 00826340143
Codice Fiscale: LSCLCN71B07I829L

INDICE:

PREMESSA	3
1 UBICAZIONE	5
2 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA	6
3 ANALISI DEI DISSESTI	7
4 FATTIBILITA' GEOLOGICA COMUNALE	9
4 VERIFICHE DI STABILITA'	11
4.1 PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI	14
4.2 ANALISI DI STABILITA' – STATO DI FATTO	15
4.3 ANALISI DI STABILITA' – STATO DI PROGETTO	20
4 CONCLUSIONI	25

Allegato:

Studio Geologico di dettaglio della zona "La Fornace":

VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DA FRANA - GEOTECH S.r.l.

PREMESSA

La presente relazione è redatta a supporto della progettazione dell'impianto di recupero di rifiuti pericolosi che la ditta *SESTRI S.r.l.*, con sede legale in Via Anton Francesco Grazzini n. 14 – (CAP 20158) a Milano e Sede Operativa a Dubino in località Fornaci snc, intende realizzare in comune di Dubino (SO), in località Fornaci.

La relazione è redatta per dar seguito alla richiesta di integrazioni richiesta con nota della Provincia di Sondrio del 2 ottobre 2018 n. prot. 0026167, avente per oggetto: *Soc. SESTRI s.r.l. Via Anton Francesco Grazzini, Milano - Osservazioni istanza verifica di V.I.A. per sito in loc. "Fornaci" nel comune di Dubino (SO).*

Nello specifico dell'argomento trattato in questa relazione la nota della Provincia riporta quanto segue.

- *nella porzione posta a nord dell'A.T.R. è stata designata nel P.G.T., sia a seguito di valutazioni sulle componenti ambientali sia in relazione a valutazione di carattere idrogeologico e paesaggistico, una zona da mantenere a verde piantumato; il progetto presentato, insistendo anche su quest'area, contravviene a tali indicazioni;*

- *le norme geologiche del P.G.T. prevedono che tutti i progetti di nuove opere ricomprese nelle aree della Classe 3 D della carta di fattibilità geologica debbano essere accompagnati dalla documentazione prevista all'art. 6 della N.T.A. di Fattibilità Geologica; il progetto dovrà quindi prevedere, lungo l'intero lato di monte, opere di protezione passiva da caduta massi o scivolamenti di terreni il cui dimensionamento dovrà essere determinato sulla base di apposite indagini geognostiche. Nella prima fase di verifica di V.I.A. sarà sufficiente un progetto di massima che individui a larga scala gli interventi proposti;*

Al fine di supportare la progettazione delle opere di consolidamento del pendio a monte dell'area interessata dall'attività di recupero di rifiuti, sono state eseguite le verifiche di stabilità del versante prima e dopo l'intervento in progetto.

Gli elementi conoscitivi dell'area sono stati ricavati da uno studio di dettaglio facente parte della componente geologica del PGT di Dubino (che si allega integralmente) e commissionato dal medesimo comune di Dubino alla società GEOTECH S.r.l. con Sede : via T. Nani, 7 23017 Morbegno (SO).

In particolare lo studio geologico di dettaglio sopra citato riguarda il settore di versante ubicato in località "La Fornace" e contiene un'analisi del rischio da frana per poter definire con maggiore certezza l'azzonamento geologico da attribuire all'area.

Come riportato nelle premesse, il suddetto studio ha valutato *“la pericolosità di frana, limitatamente alla tipologia di dissesto potenzialmente riconoscibile al territorio in esame, ascrivibile, in base alle caratteristiche geologiche del sito, alla categoria comprendente **scivolamenti e colate superficiali**”*.

Valutate le condizioni geologiche al contorno, si è proceduto ad eseguire le verifiche di stabilità del versante nella zona a monte dell'area di progetto, per la tipologia di fenomeni indicate nello studio geologico di dettaglio facente parte del PGT.

Tali verifiche, eseguite nelle condizioni ante operam e post operam hanno permesso di confermare i profili di sicurezza di progetto, nella porzione posta a est dell'A.T.R. individuato nel PGT che, sulla base delle indicazioni contenute nella nota della Provincia di Sondrio del 02 ottobre 2018, verrà mantenuta a verde piantumato.

1 UBICAZIONE

L'impianto in progetto verrà realizzato in Comune di Dubino, in località Fornaci. Si tratta di un'area posta al margine orientale della piana di fondovalle della bassa Valchiavenna, a ridosso del versante orografico sinistro.

La parte basale del versante sarà interessata da opere di riprofilatura volte alla stabilità del pendio e opere di riqualificazione ecologica ed ambientale mediante piantumazione.

Il terreno sul quale si intende intraprendere l'attività di recupero è attualmente inutilizzato e, in parte, occupato da materiali per l'edilizia, collocati dalla precedente proprietà. Il sito è confinato: a nord da una strada pavimentata in cls che corre parallela ad una vallecola confinata in argini artificiali, ad est dal versante sinistro della Valchiavenna, a sud da un'area produttiva utilizzata per lo più come deposito di materiale edile e, ad ovest, da una strada sterrata che consente l'accesso al terreno.

L'area non confina con zone residenziali. Le abitazioni più prossime, che formano il piccolo nucleo di Proescio, si trovano oltre la strada pavimentata e la vallecola che delimitano il terreno a settentrione.

Nell'immagine seguente si riporta l'ubicazione dell'impianto in progetto su carta tecnica regionale.



Figura 1 – Corografia su C.T.R. dell'area oggetto interessata dalla progetto di recupero rifiuti (Sezione B3e2 FOGLIO DUBINO).

2 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'area dove verrà effettuata l'attività di messa in riserva e recupero di rifiuti non pericolosi è ubicata sulla piana alluvionale del fiume Mera, nel tratto compreso tra lo specchio lacustre del Lago di Novate e la sua foce nel Lago di Como. In particolare, il terreno oggetto di intervento, si trova nella porzione orientale della piana di fondovalle, a ridosso del versante orografico sinistro della Valchiavenna.

Elemento fondamentale della piana di fondovalle è il Fiume Mera che, in questo tratto, scorre a ridosso del versante idrografico destro, ad una distanza di circa 2 Km. dal sito oggetto di intervento. La piana è, inoltre, caratterizzata da un fitto reticolo di fossi colatori, realizzati allo scopo di bonificare e rendere coltivabili i terreni, altrimenti sommersi dalle acque con una certa periodicità. La bonifica agraria realizzata in tempi storici ha consentito, oltre che la coltivazione dei terreni anche lo sviluppo urbanistico di ampie zone pianeggianti. Uno di questi fossi colatori, che intercetta le acque di ruscellamento e le acque incanalate afferenti alcuni piccoli corsi d'acqua che solcano il versante sinistro vallivo, corre, con direzione nord – sud, parallelamente al F. Mera, ad ovest dell'area in questione.

La piana di fondovalle è caratterizzata dai depositi alluvionali del Mera, costituiti da sabbie e ghiaie con ciottoli, intervallate a depositi più fini sabbioso limosi. Al di sotto dei depositi alluvionali, a profondità di diverse decine di metri si trovano i depositi lacustri, in una successione stratigrafica inversa.

I depositi alluvionali ospitano una falda freatica direttamente connessa al Fiume Mera. Si tratta di una falda libera che, nelle zone di conoide, generalmente alimenta il fiume. Il flusso si inverte solamente in casi piena o di morbida del corso d'acqua. Sulla base di alcune stratigrafie di sondaggi e pozzi limitrofi alla zona in progetto, si ricava una soggiacenza media della falda dal piano campagna di 3 – 5 m.

Il versante posto a monte dell'area di intervento è in gran parte ricoperto da depositi quaternari. Si tratta in gran parte di depositi glaciali e accumuli detritici rappresentati da materiali grossolani caotici, poco classati, immersi in una matrice sabbioso limoso.

Laddove le pendenze del versante si fanno più accentuate, affiora il substrato lapideo che qui è rappresentato dalla formazione degli "Gneiss del Monte Tonale" e da "Scisti Sericiferi", come indicato nella carta geologica del PGT comunale.

A ridosso del versante, nell'area interessata dal progetto e, in particolare, nella zona da mantenere a verde piantumato, sono presenti detriti naturali afferenti l'accumulo di

materiale proveniente da una cava di calce posta a quote superiori. Si tratta di depositi caotici grossolani in matrice sabbioso limosa aventi buone caratteristiche geotecniche. La litologia prevalente è calcarea.

3 ANALISI DEI DISSESTI

Nell'area in oggetto e nella porzione di versante a monte della stessa non si osservano fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

Ciò viene confermato anche nello studio geologico di dettaglio redatto da GEOTECH S.r.l. che riporta quanto segue:

“In seguito alle analisi ed alle ricerche riguardo l'assetto geologico e geodinamico, riportati nei capitoli precedenti, si può affermare che l'area oggetto del presente studio non è mai stata interessata da particolari fenomeni di dissesto pregressi. A conferma di ciò sia il quadro dei dissesti PAI che l'inventario dei fenomeni franosi “IFFI 2007” non riportano nella loro cartografia, di cui si riportano gli estratti nel capitolo 4, forme di dinamica geomorfologica attiva ne quiescente all'interno dell'area di studio.

Inoltre, in seguito ad un'approfondita analisi storico-bibliografica, relativa allo zona di studio è emerso come essa, in passato, sia stata interessata da attività di deposito di materiale proveniente dalla cava, posizionata a monte dell'area stessa. Il materiale di smarino proveniente dalla cava, dismessa ormai da 40 anni veniva fatto scivolare lungo un piccolo asse vallivo presente nel versante montuoso ed accumulato a valle.

Alcune fotografie dell'epoca, riportate di seguito, testimoniano come il materiale fosse accumulato a valle e nella porzione di raccordo col versante, secondo gradonature atte a garantire la stabilità dei depositi; a riprova di ciò è interessante osservare come in circa 40 anni l'intera area sia stata colonizzata da una rigogliosa vegetazione arborea, la quale svolge, essa stessa, un'importante funzione stabilizzatrice degli accumuli detritici.

Anche i sopralluoghi eseguiti in loco hanno evidenziato come, non vi siano forme geomorfologiche che possano far pensare a dissesti pregressi, ne vi siano evidenze di dissesti attualmente attivi o potenzialmente attivabili, fatto salvo che per lievi scollamenti superficiali dei depositi laddove il pendio presenta una marcata acclività.”

Quanto sopra riportato trova conferma con quanto osservato dallo scrivente in loco. Localmente, nello specifico della zona interessata dal progetto, l'unica porzione di pendio potenzialmente instabile e rilevata dettagliatamente, è ascrivibile al piede del pendio impostato nei depositi di cava. Ciò è dovuto ad un fronte lungo circa 25 m. e alto 4 – 5 m., avente un'inclinazione massima pari a 80°.

Le verifiche di stabilità, riportate nelle pagine seguenti, sono state eseguite lungo la linea di massima pendenza del versante, proprio in corrispondenza del suddetto fronte.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta del dissesto PAI, allegata al PGT, dalle quale risulta che l'area in progetto non è interessata da dissesto o da dinamiche morfologiche attive o quiescenti.



Figura 2 – Stralcio della carta del dissesto PAI, tratta dal PGT.

4 FATTIBILITA' GEOLOGICA COMUNALE

L'area oggetto di intervento ricade in classe di fattibilità 3d dello studio geologico del PGT di Dubino.

Rientrano in questa sottoclasse le aree di fondovalle ubicate in corrispondenza della località "La Fornace", il cui grado di pericolosità è stato definito sulla base di uno studio di dettaglio (Elaborato 3) redatto in ottemperanza all'Allegato 2 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. 9/2616 pubblicata sul B.U.R.L. del 19/01/2012 .

Tutti i progetti di nuove opere dovranno essere accompagnati dalla documentazione prevista all'art. 6 delle presenti Norme Tecniche di Fattibilità Geologica.

In tutti i casi il progetto di nuove opere/edificazioni, al fine di mitigare il rischio, dovrà prevedere :

- la realizzazione, lungo l'intero lato di monte degli edifici/manufatti e a difesa degli stessi, di opere di protezione passiva da caduta massi e/o limitati scivolamenti in terreno (barriere elastoplastiche, valli in terre rinforzate ecc) il cui dimensionamento ed esatta localizzazione dovranno essere determinati sulla base di apposite indagini geognostiche e progetti esecutivi redatti ai sensi delle NTC 2008 ;

- un adeguato collettamento e smaltimento delle acque di versante ;

- dovrà essere evitata l'apertura di porte o finestre lungo il lato di monte (lato Est) degli edifici il progetto degli interventi di sistemazione necessari dovrà comprendere indicazioni circa la periodicità dei controlli e degli interventi di manutenzione delle opere che in ogni caso dovranno essere a carico del soggetto titolare dell'opera.

Ad opere ultimate il titolare dovrà altresì produrre una impegnativa per la verifica periodica e la manutenzione delle opere così come previsto.

Il progetto presentato, prevede, a monte dell'area dove si svolgerà l'attività di recupero di rifiuti non pericolosi, interventi di riprofilatura del versante, con scogliera di sostegno al piede e canaletta di raccolta e smaltimento acque di scolo del pendio. Tali opere sono volte al consolidamento del versante e alla protezione dell'impianto stesso da fenomeni di scivolamento di terreno.

L'intervento di riprofilatura a sostegno del versante è supportato dalle verifiche di stabilità riportate di seguito.


Nell'immagine seguente si riporta uno stralcio della Carta di Fattibilità Geologica comunale.




Legenda


Classi di fattibilità geologica


Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni


 Classe 2a

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni


 Classe 3a


 Classe 3b


 Classe 3c

 Classe 3d

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

 Classe 4a

 Classe 4b

 Classe 4c


 Confine comunale

Figura 3 - Carta della fattibilità geologica del PGT di Dubino.

4 VERIFICHE DI STABILITA'

Al fine di definire correttamente l'inclinazione della riprofilatura del pendio a monte dell'impianto in progetto, necessaria per garantire la protezione dell'impianto stesso da fenomeni di scivolamento di terreno, sono state condotte le verifiche di stabilità lungo la linea di massima pendenza del versante. In particolare le verifiche sono state condotte con la situazione dello stato di fatto rilevata mediante rilievo topografico di dettaglio e la situazione post operam, corrispondente alla situazione di progetto.



Figura 4 – Traccia della sezione di verifica su ortofoto.

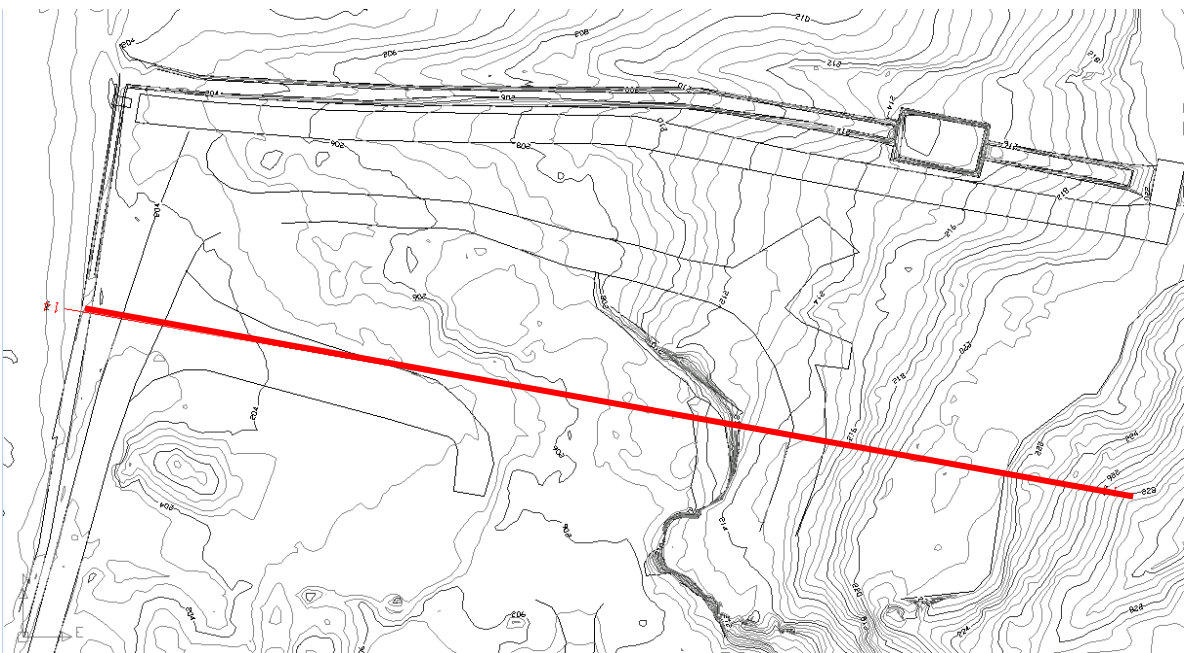


Figura 5 – Traccia della sezione di verifica su rilievo stato di fatto

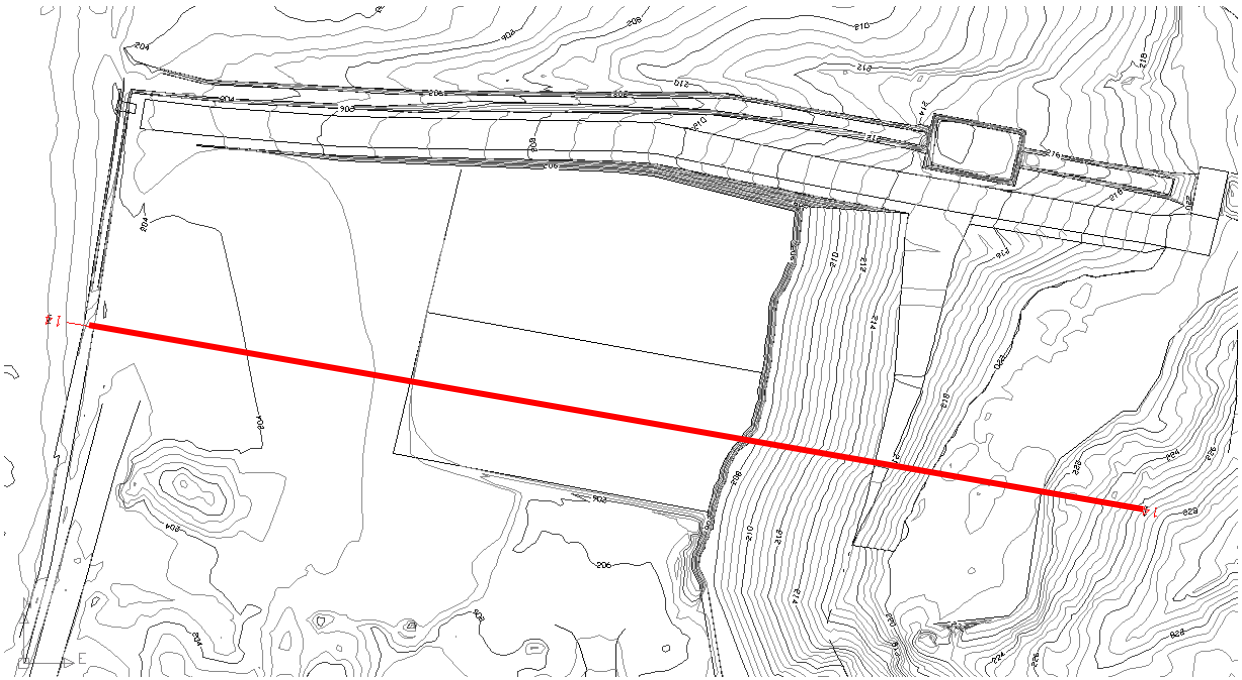


Figura 6 – Traccia della sezione di verifica di progetto

Le verifiche di stabilità sono state eseguite secondo i criteri dell'equilibrio limite applicando il metodo di Janbu.

Metodo equilibrio limite (LEM)

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

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

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite: n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
 $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .
Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n
Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
Equazioni relative al criterio di rottura n
Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a
 $i = (6n-2)-(4n) = 2n-2$.

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che

N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di JANBU (1967)

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

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

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

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

4.1 PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI

L'assetto litostratigrafico naturale del pendio e della sottostante piana alluvionale, nello specifico dell'area di progetto, è stato modificato a seguito del riporto, a ridosso del piede del versante, di materiale detritico di cava.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle verifiche di stabilità sono riassunte nella tabella sottostante.

Strato	c (t/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	43	1800,00	1900	0,00	Detrito di cava
2	0	33	1950	2150	0,00	Deposito eluviale
3	0	35	1800	2000	0,00	Deposito alluvionale
4	0	45	2700	3000	0,00	Gneiss biotitici

4.2 ANALISI DI STABILITA' – STATO DI FATTO

xc = 73,61 yc = 215,35 Rc = 6,96 F_s=0,91

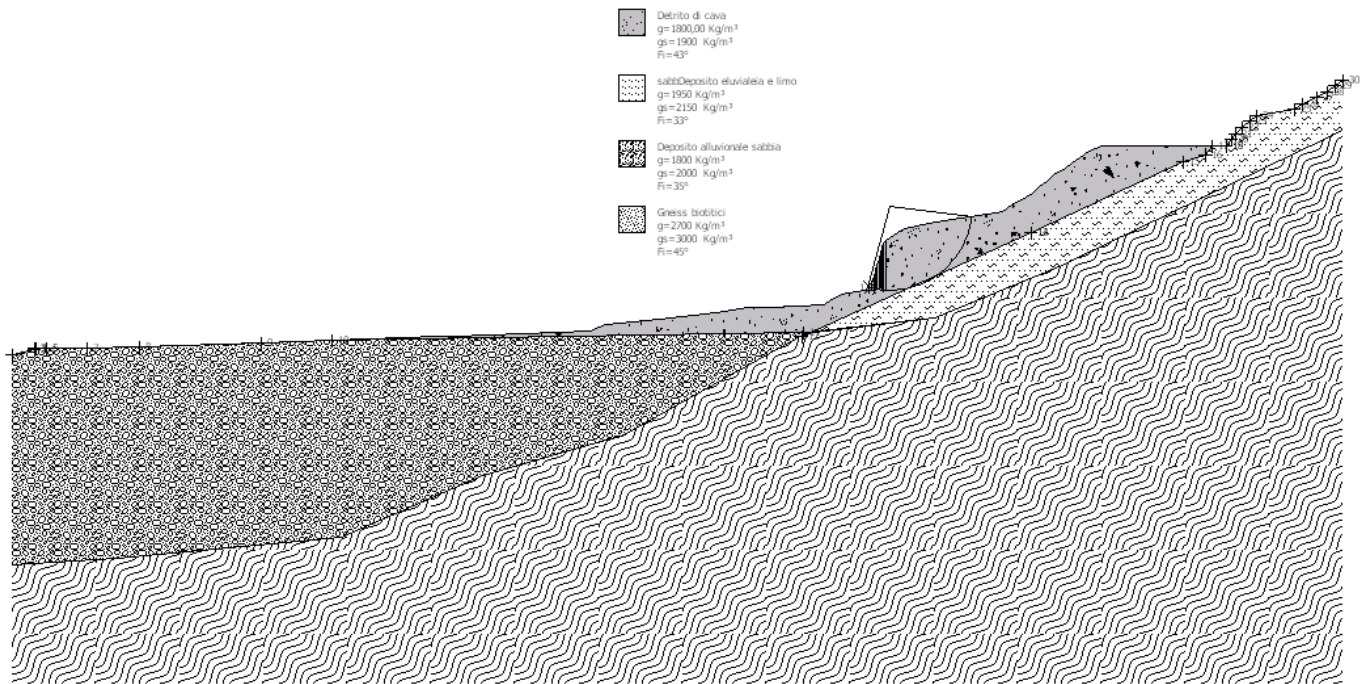


Figura 7 –sezione di verifica – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

Numero di strati	4,0
Numero dei concii	10,0
Zona Sismica	3
Categoria profilo stratigrafico	B
Coefficiente di amplificazione topografica ST	1,2
Coefficiente azione sismica orizzontale (Kh)	0,094
Coefficiente azione sismica Verticale (Kv)	0,047

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	49,34
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	192,11
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	49,34
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	243,76
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Vertici profilo

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,84	203,5
4	1,93	203,5
5	2,87	203,5
6	2,87	203,51
7	6,21	203,55
8	10,66	203,64
9	20,88	204,0
10	35,67	204,48
11	37,14	204,5
12	48,43	205,0
13	49,76	205,5
14	54,27	206,0
15	59,02	206,5
16	61,78	207,0
17	62,7	207,0
18	63,48	207,0
19	68,15	207,18
20	68,6	207,5
21	69,52	208,0
22	71,53	208,36
23	71,7	208,5
24	72,1	209,0
25	72,25	209,5
26	72,4	210,0
27	72,55	210,5
28	72,71	211,0
29	72,86	211,5
30	73,01	212,0
31	73,11	212,37
32	73,24	212,5
33	73,98	213,0
34	74,83	213,5
35	76,93	214,0
36	78,79	214,31
37	80,36	214,5
38	82,51	214,82
39	83,02	215,0
40	83,84	215,5
41	84,74	216,0
42	85,62	216,5
43	86,16	217,0
44	86,81	217,5
45	87,33	218,0
46	88,25	218,5
47	88,9	219,0
48	89,6	219,5
49	90,32	220,0
50	91,38	220,5
51	93,11	220,5

52	96,53	220,5
53	98,14	220,5
54	101,88	220,5
55	101,88	220,5
56	102,25	221,0
57	102,63	221,5
58	103,18	222,0
59	103,79	222,5
60	104,44	223,0
61	107,62	223,5
62	108,2	224,0
63	109,48	224,5
64	110,31	225,0
65	111,01	225,5
66	111,64	226,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,84	203,5
4	1,93	203,5
5	2,87	203,5
6	2,87	203,51
7	6,21	203,55
8	10,66	203,64
9	20,88	204,0
10	26,79	204,19
11	66,36	204,9
12	66,23	204,51
13	85,47	213,21
14	85,47	213,21
15	98,25	219,14
16	100,1	219,67
17	100,69	220,5
18	101,88	220,5
19	101,88	220,5
20	102,25	221,0
21	102,63	221,5
22	103,18	222,0
23	103,79	222,5
24	104,44	223,0
25	107,62	223,5
26	108,2	224,0
27	109,48	224,5
28	110,31	225,0
29	111,01	225,5
30	111,64	226,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,84	203,5
4	1,93	203,5
5	2,87	203,5
6	2,87	203,51
7	6,21	203,55
8	10,66	203,64
9	20,88	204,0
10	26,79	204,19
11	66,36	204,9
12	66,31	204,76
13	77,3	206,09
14	87,84	210,3
15	111,64	221,82
N	X (m)	y (m)
1	0,0	185,36
2	8,77	185,92
3	27,62	187,77
4	39,48	192,91
5	51,34	196,33
6	60,56	201,47
7	66,7	204,81
8	77,3	206,09
9	87,84	210,3
10	111,64	221,82

Vertici strato3

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (t/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	43	1800,00	1900	0,00	Detrito di cava
2	0	33	1950	2150	0,00	Deposito eluviale
3	0	35	1800	2000	0,00	Deposito alluvionale
4	0	45	2700	3000	0,00	Gneiss biotitici

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		0,91
Ascissa centro superficie	(m)	73,61
Ordinata centro superficie	(m)	215,35
Raggio superficie	(m)	6,96

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

Analisi dei conci; superficie...xc = 73,613 yc = 215,352 Rc = 6,958 Fs=0,9065

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,3	-13,8	0,3	117,88	11,08	5,54	0,0	43,0	0,0	174,3	221,3
2	0,15	-11,9	0,15	188,83	17,75	8,87	0,0	43,0	0,0	260,6	328,3
3	0,15	-10,8	0,16	341,1	32,06	16,03	0,0	43,0	0,0	453,4	569,0
4	0,15	-9,4	0,16	486,3	45,71	22,86	0,0	43,0	0,0	619,1	773,6
5	0,15	-8,1	0,15	625,55	58,8	29,4	0,0	43,0	0,0	765,6	953,4
6	0,15	-6,9	0,15	767,7	72,16	36,08	0,0	43,0	0,0	908,9	1128,7
7	0,15	-5,7	0,15	900,03	84,6	42,3	0,0	43,0	0,0	1030,6	1276,9
8	0,1	-4,4	0,1	687,79	64,65	32,33	0,0	43,0	0,0	763,1	943,6
9	0,13	-3,7	0,14	977,44	91,88	45,94	0,0	43,0	0,0	1064,3	1314,8
10	7,28	40,1	9,51	62746,87	5898,21	2949,1	0,0	33,0	0,0	47609,6	53411,2

4.3 ANALISI DI STABILITA' – STATO DI PROGETTO

xc = 85,10 yc = 223,86 Rc = 8,06 Fs=1,36

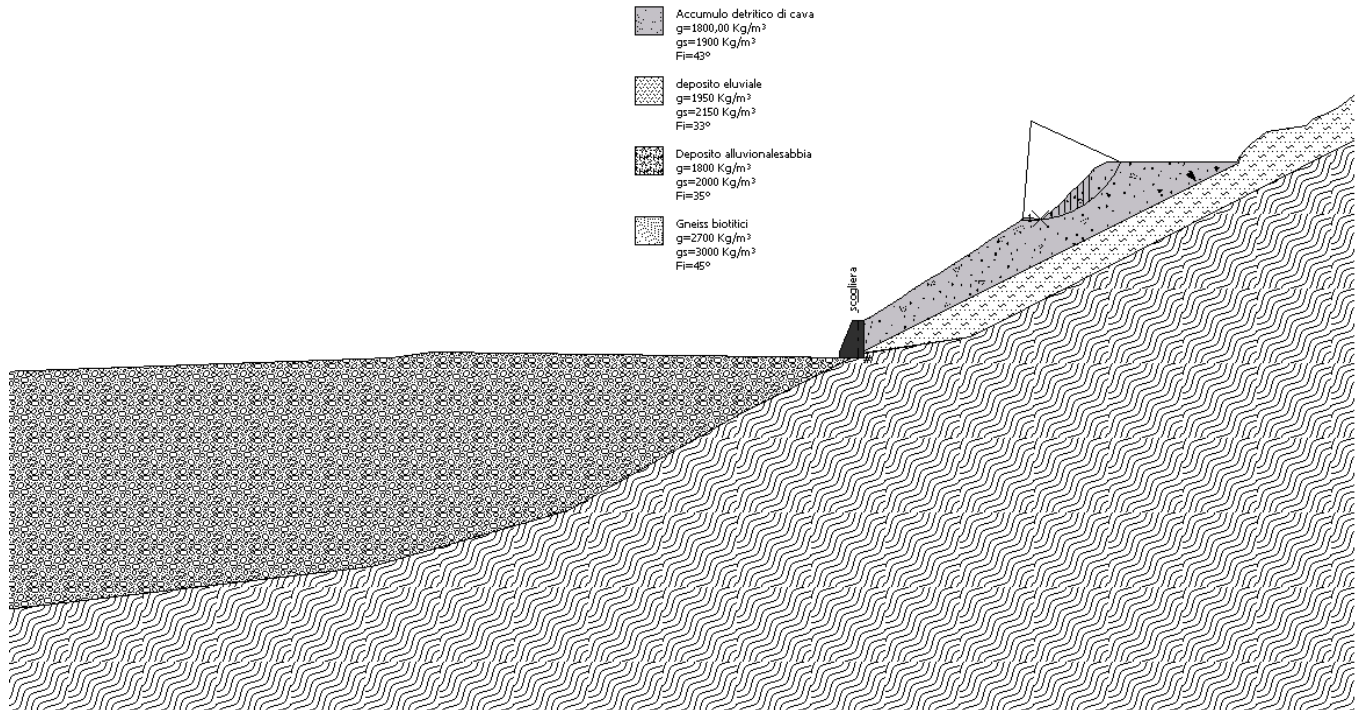


Figura 8 –sezione di verifica – STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Zona Sismica	3
Categoria profilo stratigrafico	B
Coefficiente di amplificazione topografica ST	1,2
Coefficiente azione sismica Verticale (Kv)	0,047

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	59,11
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	195,5
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	59,11
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	239,12
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Vertici profilo

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,84	203,5
4	1,93	203,5
5	2,87	203,5
6	2,87	203,51
7	18,92	204,0
8	32,54	204,5
9	35,95	205,0
10	70,47	204,5
11	70,64	205,0
12	70,65	205,02
13	71,38	205,02
14	71,38	207,52
15	72,17	208,0
16	72,95	208,5
17	73,72	209,0
18	74,5	209,5
19	75,27	210,0
20	76,04	210,5
21	76,8	211,0
22	77,6	211,5
23	78,44	212,0
24	79,3	212,5
25	80,05	213,0
26	80,79	213,5
27	81,53	214,0
28	82,27	214,5
29	83,03	215,0
30	83,84	215,5
31	84,52	215,92
32	86,03	215,88
33	86,17	216,0
34	86,75	216,5
35	87,33	217,0
36	87,85	217,5
37	88,34	218,0
38	88,83	218,5
39	89,32	219,0
40	89,8	219,5
41	90,31	220,0
42	90,32	220,0
43	91,38	220,5
44	93,11	220,5
45	96,53	220,5
46	98,14	220,5
47	101,88	220,5
48	101,88	220,5
49	102,25	221,0
50	102,63	221,5
51	103,18	222,0

52	103,79	222,5
53	104,44	223,0
54	107,62	223,5
55	108,2	224,0
56	109,48	224,5
57	110,31	225,0
58	111,01	225,5
59	111,64	226,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,82	203,47
4	1,82	203,47
5	1,82	203,47
6	1,82	203,47
7	1,84	203,5
8	1,93	203,5
9	2,87	203,5
10	2,87	203,51
11	18,92	204,0
12	32,54	204,5
13	35,95	205,0
14	70,31	204,5
15	102,13	220,42
16	102,2	220,94
17	102,25	221,0
18	102,63	221,5
19	103,18	222,0
20	103,79	222,5
21	104,44	223,0
22	107,62	223,5
23	108,2	224,0
24	109,48	224,5
25	110,31	225,0
26	111,01	225,5
27	111,64	226,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	203,0
2	1,82	203,47
3	1,82	203,47
4	1,82	203,47
5	1,82	203,47
6	1,82	203,47
7	1,84	203,5
8	1,93	203,5
9	2,87	203,5

10	2,87	203,51
11	18,92	204,0
12	32,54	204,5
13	35,95	205,0
14	70,31	204,5
15	70,86	204,78
16	70,45	204,78
17	80,1	206,25
18	111,64	222,32

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	183,88
2	30,97	187,47
3	47,08	192,05
4	60,91	199,77
5	70,87	204,84
6	80,1	206,25
7	111,64	222,32

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (t/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	43	1800,00	1900	0,00	Accumulo detritico di cava
2	0	33	1950	2150	0,00	deposito eluviale
3	0	35	1800	2000	0,00	Deposito alluvionale
4	0	45	2700	3000	0,00	Gneiss biotitici

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	71,37508	205,0245	0	0	2,5	1	2	2500

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato 1,36

Ascissa centro superficie (m) 85,1

Ordinata centro superficie (m) 223,86

Raggio superficie (m) 8,06

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

Analisi dei conchi; superficie...xc = 85,101 yc = 223,855 Rc = 8,058 Fs=1,3586

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,15	-4,7	0,15	13,48	0,0	0,63	0,0	43,0	0,0	14,5	12,0
2	1,51	1,2	1,51	275,87	0,0	12,97	0,0	43,0	0,0	271,1	223,3
3	0,76	9,4	0,77	414,44	0,0	19,48	0,0	43,0	0,0	369,9	308,6
4	0,54	14,1	0,56	708,52	0,0	33,3	0,0	43,0	0,0	605,5	513,9
5	0,52	18,0	0,54	983,78	0,0	46,24	0,0	43,0	0,0	816,2	706,5
6	0,49	21,8	0,53	1218,15	0,0	57,25	0,0	43,0	0,0	987,1	875,1
7	0,49	25,6	0,55	1469,67	0,0	69,07	0,0	43,0	0,0	1168,6	1066,9
8	0,49	29,6	0,57	1685,02	0,0	79,2	0,0	43,0	0,0	1320,5	1249,9
9	0,48	33,6	0,58	1835,93	0,0	86,29	0,0	43,0	0,0	1424,7	1408,9
10	2,62	50,5	4,13	8881,25	0,0	417,42	0,0	43,0	0,0	6987,0	9052,6

4 CONCLUSIONI

Le verifiche di stabilità eseguite hanno evidenziato quanto segue:

La scarpata alla base del versante, impostata in materiale detritico di cava, non garantisce condizioni di stabilità, avendo riscontrato un **fattore minimo di sicurezza pari a 0,91.**

Le opere di consolidamento del versante, previste nella zona a monte dell'area interessata dall'attività di recupero di rifiuti, consistenti in una riprofilatura del versante con la formazione di una balza intermedia, la costruzione di una scogliera e la formazione di una canaletta di scolo delle acque, risultano essere efficaci contro fenomeni di scivolamento di terreni.

L'analisi di stabilità del pendio nella situazione di progetto, ha riscontrato un **fattore di sicurezza minimo pari a 1,36**, superiore al limite previsto dalla normativa.



Figura 9 – Dettaglio scarpata attuale alla base del versante– FS 0,91.

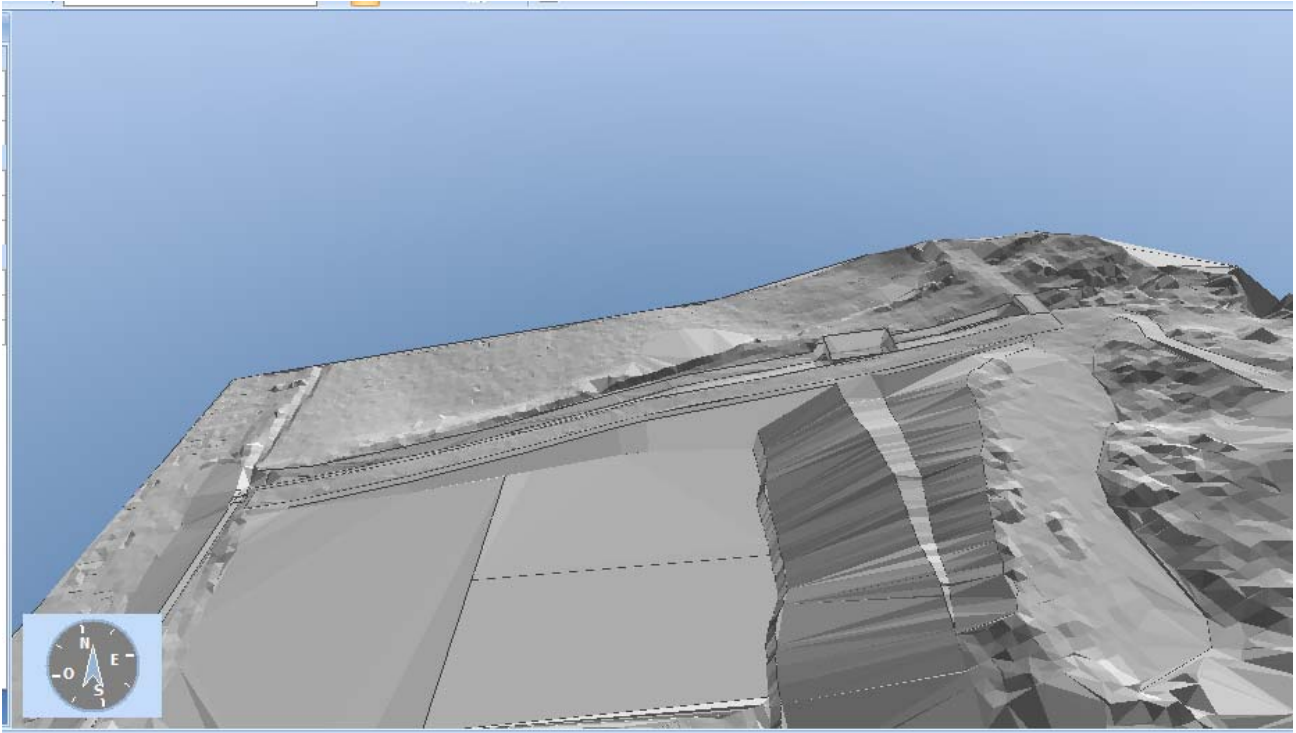


Figura 10 – Opere di protezione mediante rimodellamento morfologico delle scarpate e formazione di un area pianeggiante.

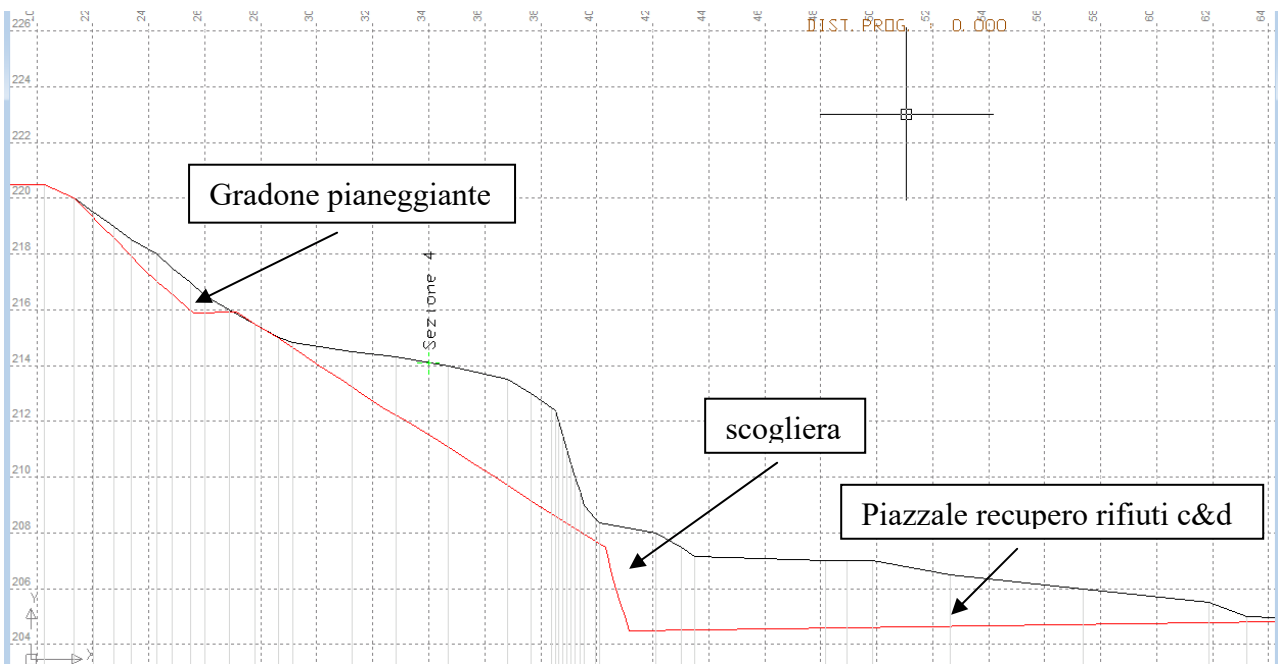


Figura 11 – Profilo di progetto verificato (linea rossa) – FS 1,36.

Sondrio, novembre 2018

Il Tecnico:
Geologo Luciano Leusciatti



Regione Lombardia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Società di Ingegneria Srl
Via Tomaso Nani, 7
23017 Morbegno (SO)

GEOTECH



Progettista:

Sindaco:

Segretario:



GEOTECH

Adottato dal C.C. con delibera

n° _____ del _____

Provvedimento di compatibilità con il PTCP

n° _____ del _____

Approvato dal C.C. con delibera

n° _____ del _____

-COMPONENTE GEOLOGICA -

VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DA FRANA

- Dubino -

commessa:

scala:

Elaborato

3

Nome File:

Data:

Fase di lavoro:

Redatto:

Verif.:

Approv.:

Bozza:

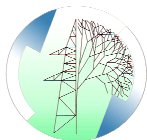
12/2012

VB

VB

SM

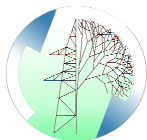
1



1	PREMESSA	2
1.1	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GENERATA DA COLATE DI TERRENO E DA SCIVOLAMENTI CHE EVOLVONO IN COLATE	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE	7
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	9
4.1	DINAMICA GEOMORFOLOGICA – EVENTI STORICI -	11
5	PIOVOSITA'	18
6	PERMEABILITA'	20
7	ANALISI DEI DISSESTI	21
8	VERIFICHE DI STABILITA' DEL PENDIO	24
8.1	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	26
8.2	RISULTATI VERIFICHE	27
9	DETERMINAZIONE DELLE AREE OMOGENEE	27
10	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE	28
11	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' FINALE	28
12	PROPOSTA DI AZZONAMENTO DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	29

ALLEGATI:

- VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE – RELAZIONE DI CALCOLO
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- ELABORATI CARTOGRAFICI:
 - Carta di inquadramento geologico – geolitologico
 - Carta di inquadramento geomorfologico- dei dissesti
 - Carta delle aree omogenee
 - Carta della zonazione preliminare della pericolosità
 - Carta della pericolosità finale

**1 PREMESSA**

L'Amministrazione Comunale di Dubino ritiene opportuno eseguire uno studio geologico di dettaglio del settore di versante ubicato in località "la Fornace", al fine di ottenerne un'analisi del rischio da frana e poter definire con maggiore certezza l'azzonamento geologico da attribuire.

I contenuti richiesti dalla normativa vigente per la valutazione del rischio di frana sono riportati nell'Allegato 2 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. 9/2616 pubblicata sul B.U.R.L. del 19/01/2012 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l. r. 11 marzo 2005, n. 12".

Si riportano di seguito le procedure per valutare la pericolosità di frana, limitatamente alla tipologia di dissesto potenzialmente riconducibile al territorio in esame, ascrivibile, in base alle caratteristiche geologiche del sito, alla categoria comprendente *scivolamenti e colate superficiali*.

Il metodo di analisi riportato nella normativa consente di zonare l'area indagata secondo classi di pericolosità e di rischio relativi differenti. Questa zonazione è rivolta ad aree limitate e circoscritte ed è applicabile solo ad una scala di dettaglio.

La pericolosità viene valutata in due fasi: nella prima fase si considerano i fattori predisponenti e si definisce una pericolosità preliminare, la seconda fase considera i fattori che indicano l'attività o le cause innescanti e permette di valutare la pericolosità finale.

Si descrive di seguito dettagliatamente la procedura per definire la zonazione della pericolosità da frana per scivolamenti e colate di terreno superficiali.

1.1 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GENERATA DA COLATE DI TERRENO E DA SCIVOLAMENTI CHE EVOLVONO IN COLATE

Sono fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a 1000 m³), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore). Per valutare la probabilità di innesco di colate e scivolamenti, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge, prendendo in considerazione l'intero versante, fino eventualmente alla cresta. Tali aree devono poi essere suddivise in zone omogenee dal punto di vista della pendenza e della resistenza al taglio, in termini di coesione e angolo di attrito. La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definiti fornirà una serie di aree omogenee, ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione.

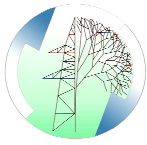
Questi valori vengono utilizzati per ricavare il fattore di sicurezza (Fs) usando il metodo del pendio indefinito.

A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del valore di Fs ricavato:

Fattore di sicurezza	Pericolosità preliminare
1.40 ÷ 2.00	H2
1.20 ÷ 1.40	H3
1.00 ÷ 1.20	H4

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: la possibile concentrazione d'acqua e la tipologia della vegetazione. Nel primo caso occorre valutare la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (piccoli quali impluvi, vallecicole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleoalvei, ecc.);



- livelli argillosi o variazioni di permeabilità del terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, cabalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.).

Per quanto riguarda la vegetazione, occorre valutare la profondità degli apparati radicali.

In caso di presenza di uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore di pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Viceversa, il valore della pericolosità preliminare potrà essere diminuito di 1 solo nel caso in cui si ritenga che la profondità dell'apparato radicale della vegetazione presente sia maggiore della profondità della superficie potenziale di scivolamento. Questa variazione di pericolosità va effettuata su tutta l'area omogenea se i fattori sopra citati sono diffusi su tutta l'area; limitatamente alla zona di influenza del fenomeno, se il fattore interessa solo alcune porzioni dell'area omogenea.

La fase di analisi successiva si applica solo nei casi in cui le zone di potenziale distacco si trovino in aree a pericolosità totale medio-alta (H3, H4 e H5).

In questi casi occorre valutare la pericolosità delle zone di accumulo delle frane, distinguendo gli scivolamenti non incanalati dagli scivolamenti che evolvono in colate incanalate.

Vanno considerati per primi gli *scivolamenti non incanalati*. In questo caso lo spostamento è in genere limitato e il volume di accumulo non è molto superiore al volume della massa staccatasi, poiché non viene preso in carico ulteriore materiale durante il movimento. Per questi fenomeni si calcola la distanza massima di arresto dei materiali franati secondo la seguente formula (Govi et al., 1985):

$$L = 46.91 \log (H+3) - 22.38$$

ove H è il dislivello tra il punto topograficamente più alto dell'area di possibile distacco e una zona sottostante, a bassa pendenza o pianeggiante, in cui è possibile l'accumulo. Nel caso in cui l'area di possibile distacco sia particolarmente ampia, si valuteranno i parametri H ed L su più sezioni.

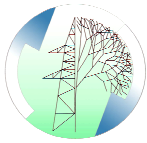
Una volta calcolata la distanza massima, si delimita l'area di possibile espansione, che avrà ampiezza minima pari a quella della nicchia da cui il distacco è stato ipotizzato. Il valore di pericolosità di questa zona d'accumulo sarà pari a quello della zona di distacco.

Per quanto riguarda gli *scivolamenti che evolvono in colate incanalate*, essi presentano percorsi prevedibili e talora di notevole lunghezza; inoltre i volumi possono subire incrementi. Per ciascun impluvio va individuata l'area pianeggiante di possibile accumulo, la cui estensione è funzione dello spessore del terreno nelle zone di distacco, della quantità di materiale asportabile lungo il canale e/o immesso nell'asta principale dai tributari e dalla morfologia della zona di accumulo. Quindi si procede alla zonazione concentrica dell'area di accumulo, secondo tre classi di pericolosità decrescenti verso l'esterno, ove la pericolosità massima corrisponderà a quella della zona di distacco.

Nel caso in cui lungo l'impluvio siano presenti opere di sistemazione, si dovrà verificare la correttezza del dimensionamento delle stesse in funzione del volume della quantità di materiale mobilizzabile e il loro stato di manutenzione. Se l'opera viene ritenuta efficace, il valore di pericolosità massimo dell'accumulo e quello lungo l'impluvio saranno diminuiti di 1.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti:

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies dei depositi superficiali e valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio; scelta delle classi di pendenza; descrizione dell'analisi speditivi di stabilità.



3. Condizione del versante: analisi delle condizioni idrogeologiche del versante e degli impluvi; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua; tipologia della vegetazione.
4. Zone di accumulo delle colate: descrizione dei metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di accumulo.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologica, in scala 1: 10000
2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in scala 1: 5000
3. carta litotecnica, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1: 500- 1:2000)
4. carta delle aree omogenee, in cui sono riportate le diverse aree omogenee (scala 1: 500- 1:2000)
5. carta della zonazione preliminare della pericolosità, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2000)
6. carta della pericolosità finale, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1: 500- 1:2000).
7. scheda colate per ogni singola area omogenea (allegato 6.3)
8. scheda frane del Servizio geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

ZONAZIONE DEL RISCHIO

La cartografia di rischio deve essere prodotta solo in casi specifici e quando richiesta. In questi casi, definita la pericolosità con le diverse procedure sopra descritte in funzione della tipologia del fenomeno, devono essere effettuate ulteriori valutazioni per ottenere il rischio.

A partire dalla pericolosità stimata nella fase precedente, la valutazione del rischio viene effettuata incrociando classi di elementi esposti al rischio con le classi di pericolosità, come indicato nella tabella riportata di seguito. Gli elementi esposti al rischio vengono raggruppati secondo classi definite a partire dalla destinazione d'uso indicata nelle tavole di azionamento dei Piani Regolatori Generali Comunali, in modo da ottenere quattro classi di rischio. Tali classi (E1, E2, E3 ed E4) comprendono le seguenti categorie di suolo:

E1:

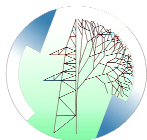
- ✓ Zona boschiva
- ✓ Zona agricola non edificabile
- ✓ Demanio pubblico non edificato o edificabile

E2:

- ✓ Zona agricola generica
- ✓ Infrastrutture pubbliche (strade comunali o consortili non strategiche)
- ✓ Zone di protezione ambientale, rispetto, verde privato
- ✓ Parchi, verde pubblico non edificato

E3:

- ✓ Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie...)



- ✓ Zona per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti; zona a cava

E4:

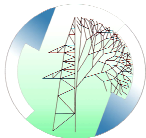
- ✓ Centri urbani
- ✓ Nuclei rurali minori di particolare pregio
- ✓ Zona di completamento
- ✓ Zona di espansione
- ✓ Zona artigianale, industriale, commerciale
- ✓ Servizi pubblici prevalentemente con fabbricati
- ✓ Infrastrutture pubbliche
- ✓ Zona discarica speciale o tossico nociva
- ✓ Zona alberghiera
- ✓ Zona per campeggi e villaggi turistici

La matrice per la valutazione del rischio (R) in base alle classi di pericolosità (H) e alle classi di elementi a rischio è la seguente:

	H1	H2	H3	H4	H5
E1	R1	R1	R1	R1	R2
E2	R1	R1	R2	R2	R3
E3	R1	R2	R2	R3	R4
E4	R1	R2	R3	R4	R4

Per la valutazione del rischio sono previsti i seguenti elaborati cartografici, da realizzarsi in scala analoga a quella della pericolosità finale:

1. carta degli elementi di rischio
2. carta del rischio.



2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio è situata all' interno del territorio comunale di Dubino, in provincia di Sondrio, più precisamente riguarda la porzione di versante ed il raccordo col fondovalle della frazione di Nuova Olonio, compresa tra le località Proescio e Fornaci.

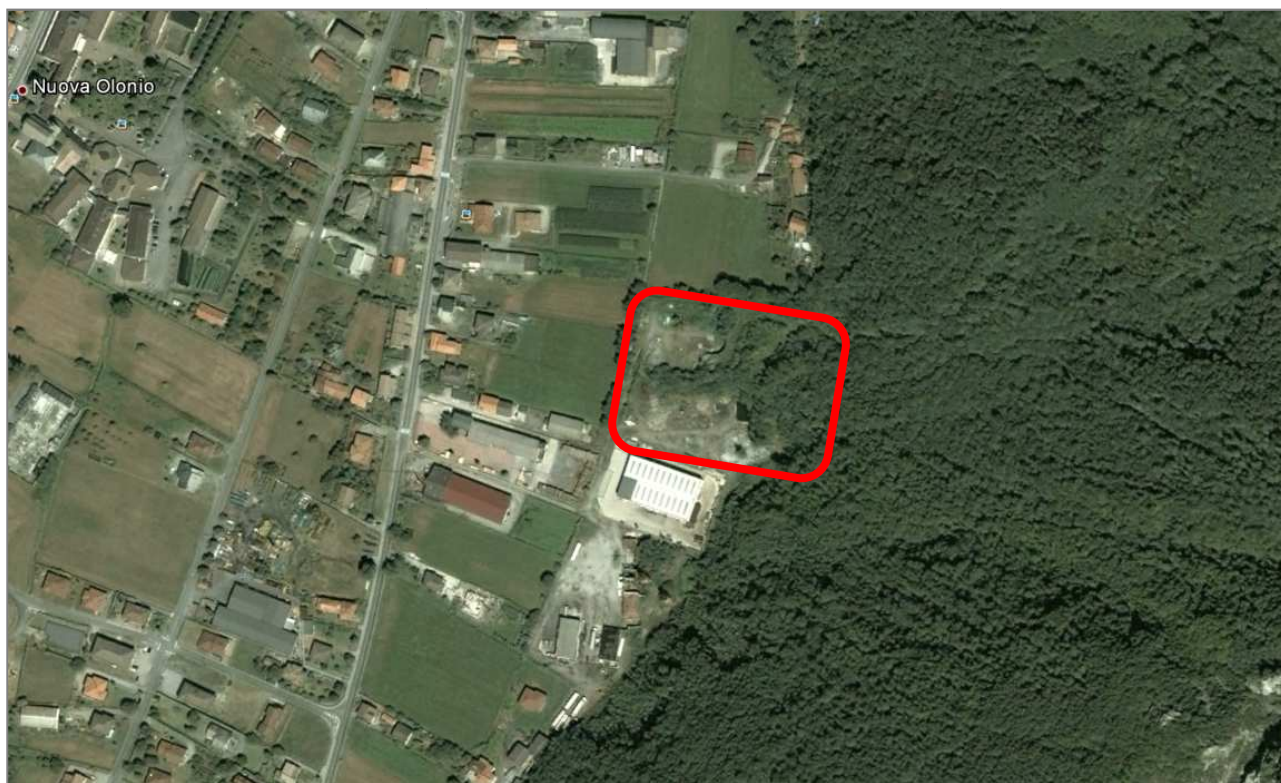
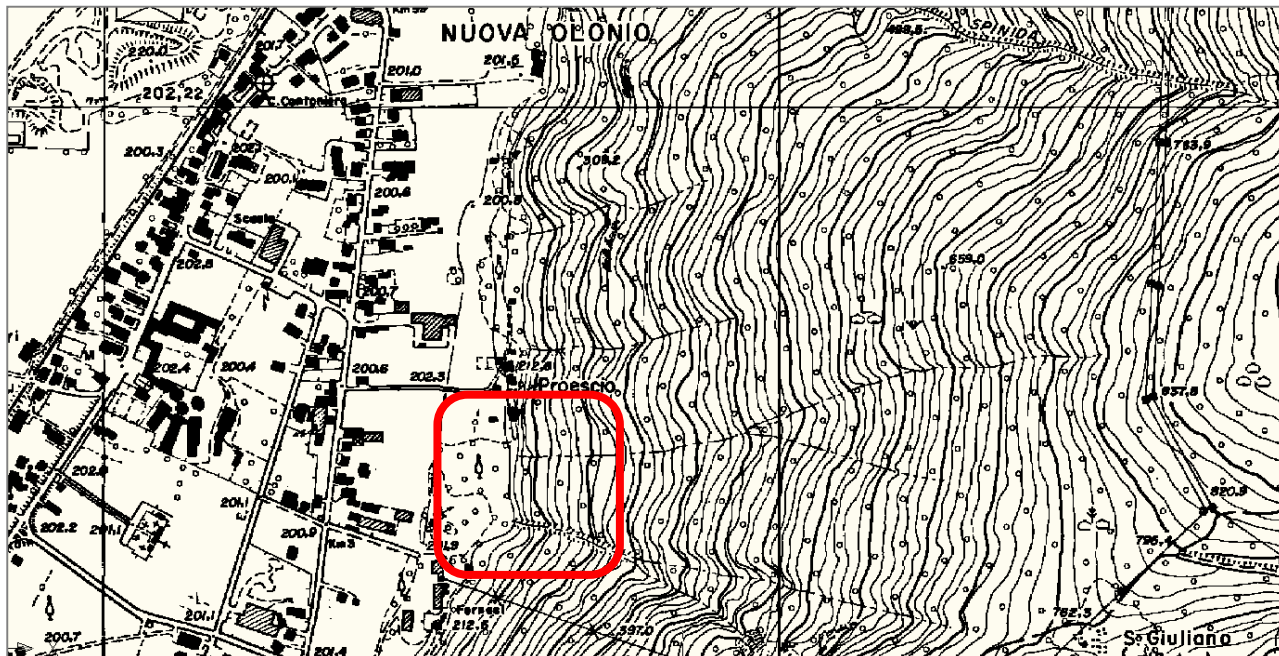
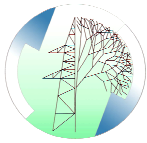


Figura 1: Inquadramento geografico dell' area di studio



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

Per quanto riguarda l'assetto geologico – strutturale dell'area di studio, il territorio comunale di Dubino è ubicato a cavallo della Linea del Tonale, dislocazione tettonica appartenente al sistema di faglie neogeniche che costituiscono la Linea Insubrica (lineamento strutturale che, nell'area di indagine, separa il Dominio Sudalpino dal Dominio Austroalpino).

Lungo il suddetto lineamento si sono verificati dei movimenti orogenici ai quali si deve l'orientamento E-W della Valtellina; all'attività tettonica, che ha generato una zona di debolezza strutturale, si è sovrapposta l'azione dei ghiacciai che occupavano la vallata durante le ere glaciali.

La porzione di pianura risulta caratterizzata, dal punto di vista geologico stratigrafico, da spessi depositi quaternari incoerenti, attribuibili alle alluvioni del Fiume Adda e del Fiume Mera. In prossimità del versante i depositi passano a depositi di versante indifferenziati. Questi sono contraddistinti da materiali eterogenei, mal classati, più o meno arrotondati, granulometricamente ascrivibili a ghiaie e ciottoli in matrice fine di natura sabbiosa e secondariamente limosa.

I depositi incoerenti sono costituiti da sedimenti colluviali nelle porzioni più acclivi del versante e passano a depositi di origine glaciale nelle porzioni meno acclivi.

Il substrato roccioso che caratterizza il territorio (si veda la seguente sezione geologica schematica) è costituito da rocce appartenenti:

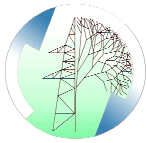
- 1) ai Complessi intrusivi terziari Val Masino Bregaglia (di cui affiora in particolare il Serizzo) e San Fidelino
- 2) al Cristallino Sudalpino;
- 3) al Sistema Languard-Tonale.

Le unità carbonatiche ovvero unità dolomitiche, caratterizzate da dolomie e marmi "strizzati" dalla Linea Insubrica, costituiscono affioramenti un tempo oggetto di estrazione per la formazione di calce.

Di seguito viene riportato un'estratto della carta geologica d'Italia (scala 1:100.000) foglio 17 "Chiavenna" ed una breve descrizione delle litologie e dei depositi superficiali presenti nell'area di studio e in un suo intorno significativo.



Figura 2: Estratto Carta geologica d'Italia 1:100.000 foglio 17 "Chiavenna"



DEPOSITI QUATERNARI

a_d²



Detrito di falda

Si tratta di depositi prevalentemente costituiti da massi e pietrisco (spigoli vivi) spesso di natura calcareo-dolomitica (versante meridionale del comune) immersi in una matrice sabbiosa grossolana accumulati ai piedi di scarpate o di affioramenti sporgenti e sottoposti ad un'erosione molto accentuata. A volte si possono osservare rimaneggiamenti di questi materiali ad opera dell'acqua meteorica e nivale con scarsa selezione del materiale. I materiali più grossolani rispetto a quelli con granulometria fine si distribuiscono più a valle. Tali depositi sono spesso colonizzati e resi perciò più stabili dalla vegetazione. Dove questa viene a mancare vi è la possibilità dell'instaurarsi di fenomeni di mobilitazione. Mantengono pendenze intorno a 30-40°.

SEDIMENTARIO DELLA LINEA INSUBRICA

tla



Dolomia e calcari scuri

Si tratta di dolomie grigie e gialle estremamente fratturate, in alcuni punti quasi farinose ed a volte nodulari. Presentano giaciture con immersione degli strati verso nord ed inclinazione variabile da 50° a 80°. Sono riferibili al *Trias medio superiore*. Tra le rocce affioranti nella zona in esame sono quelle che presentano il più alto grado di fratturazione tale da creare una stabilità molto precaria. E' da osservare come la maggior parte del materiale detritico sia costituito da questo litotipo.

ps



Conglomerati e scisti

Sono scisti ardesiaci e filladici grigio-nerastri con intercalazioni di siltiti grigio verdastre. I caratteri litologici di queste rocce sono simili a quelli della parte sommitale della Formazione del Collio od a quelli della Formazione del Servino. Anche in tale litologia le giaciture degli strati sono sub-verticali. Tali rocce sono attribuibili al *Trias inferiore*.

ZONA INTERMEDIA

gsl



Gneiss biotitici minuti listati, micascisti granatiferi bene stratificati

Gneiss di Mantello: (Sudalpino) Sono ortogneiss chiari a prevalenti quarzo, feldspati e mica bianca; talora presentano una tessitura occhiadina. Sono fortemente cataclastici. Gneiss del Tonale: (Austroalpino) Gneiss e micascisti a due miche con intercalazioni di lenti di calcari cristallini e di filoni aplitici e pegmatitici molto fratturati e milonitizzati, di età diverse.

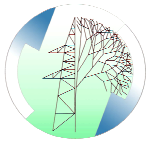
MASSE INTRUSIVE

a1



Diorite del Bassetta

Quarzodiorite del M.te Bassetta "Serizzo": La composizione è prevalentemente dioritica, con passaggi sia verso i gabbri sia verso le tonaliti. La grana è media; la tessitura è uniforme e relativamente orientata, talora simile a quella di uno gneiss anfibolitico. Non è sostanzialmente fratturata tranne che nel settore più prospiciente la Linea Insubrica. Non presenta grosse problematiche di stabilità.



4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico l'ambito d'indagine ricade in un'area di raccordo tra il fondovalle ed il versante montuoso in destra idrografica della bassa Valchiavenna, l'area si caratterizza per un'acclività medio – accentuata, generalmente compresa tra i 30° ed i 50°, ad una quota compresa tra i 250 ed i 500 m s.l.m..

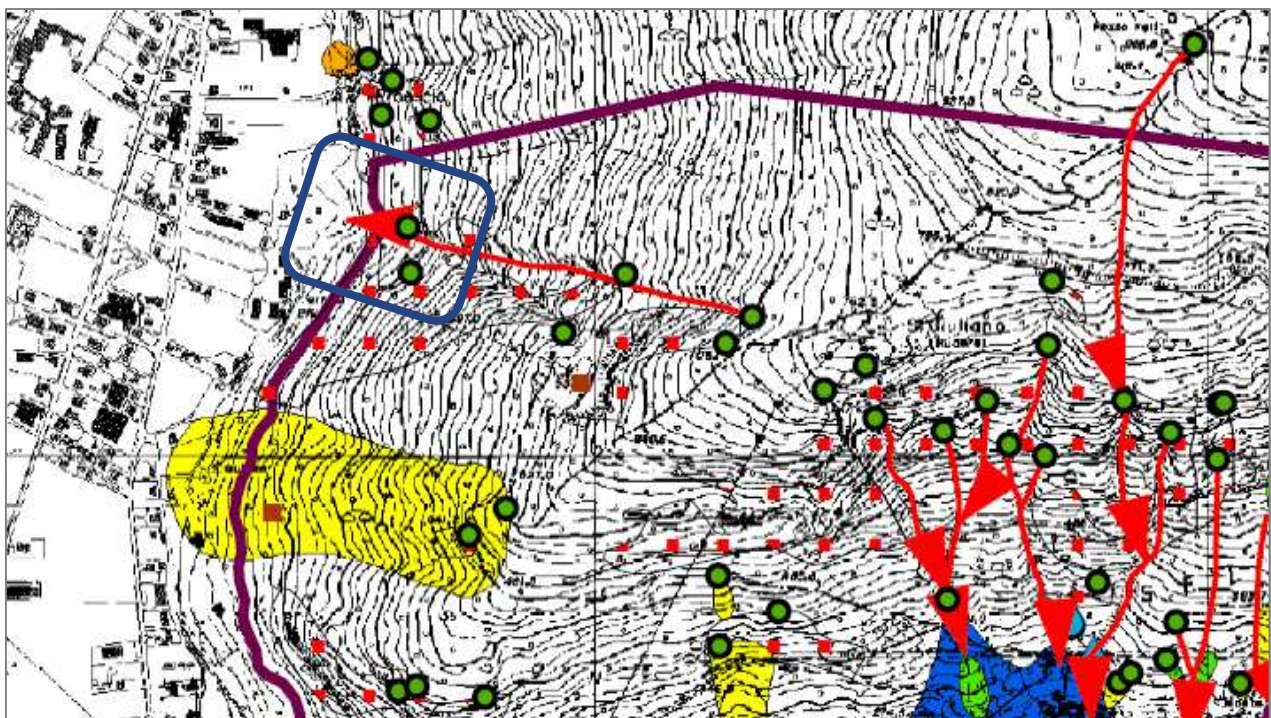
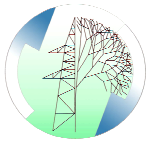
In linea generale si può affermare che un fattore morfologico domina strettamente l'area in esame. Si tratta di un sistema di fratture e lineamenti strutturali, con andamento E-W (paralleli alla Linea Insubrica), che condiziona la forma e lo sviluppo delle valli minori e quindi delle aste torrentizie. I fenomeni di clastesi associati alle principali linee strutturali, determinano processi di fratturazione dell'ammasso roccioso e successivi fenomeni di collasso. In generale i profili delle valli presentano una marcata incisione a V, con andamento rettilineo, che indica l'impostazione d'erosione fluviale in corrispondenza di ambiti a minore resistenza. Oltre ad un controllo strutturale notevolmente marcato, un altro fattore domina la morfologia del paesaggio; si tratta dell'azione dei ghiacciai (negli ultimi 700.000 anni circa) che ha modellato le rocce esistenti e, al loro ritiro, messo in posto depositi di copertura con potenze variabili anche dell'ordine delle decine di metri.

La dinamica geomorfologica dell'area di studio è governata essenzialmente dall'azione delle acque incanalate. Si può tranquillamente affermare che in tutti i torrenti maggiori si manifesta erosione incanalata dell'alveo nei tratti a maggior pendenza interessando soprattutto le litologie meno resistenti (dolomie e gneiss fratturati, depositi morenici e detritici ecc.). mentre il materiale si accumula in zone a minore pendenza (dove la velocità dell'acqua diminuisce) in corrispondenza di ostacoli come tronchi, contropendenze, briglie, etc. In concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi, l'azione delle acque di ruscellamento incanalate o di infiltrazione nel pendio può causare lo sviluppo di debris flow e frane di scivolamento superficiale.

Altro elemento di dinamica geomorfologica è dato dal distacco di blocchi di roccia isolati di varie dimensioni (da decimetriche a metriche). Sul terreno tale situazione è evidenziata da sporgenti affioramenti rocciosi non colonizzati da vegetazione e spesso fratturati. Questo fenomeno è molto diffuso anche nei depositi morenici laterali dove per erosione i grossi massi si staccano dalla matrice morenica e a secondo del loro grado di arrotondamento, dell'inclinazione del pendio e degli ostacoli incontrati, rotolano a volte per centinaia di metri prima di raggiungere posizioni d'equilibrio.

Al fine di inquadrare l'area di studio dal punto di vista geomorfologico dei possibili fenomeni di dissesto si riportano i seguenti estratti:

- 1) Tavola "Elementi conoscitivi dell'assetto geologico" del PTCP in cui sono riportati i dissesti che caratterizzano il territorio di Dubino (inventario IFFI 2007); in particolare si segnalano forme di frana lineare .
- 2) Tavola dei "Vincoli geologici e idrogeologici del PTCP" con legenda unificata PAI in cui, per quanto riguarda la porzione di fondovalle dell'area oggetto del presente studio, non si segnalano vincoli di natura idrogeologica



Tipologia di frana
Inventario fenomeni franosi - IFFI 2007













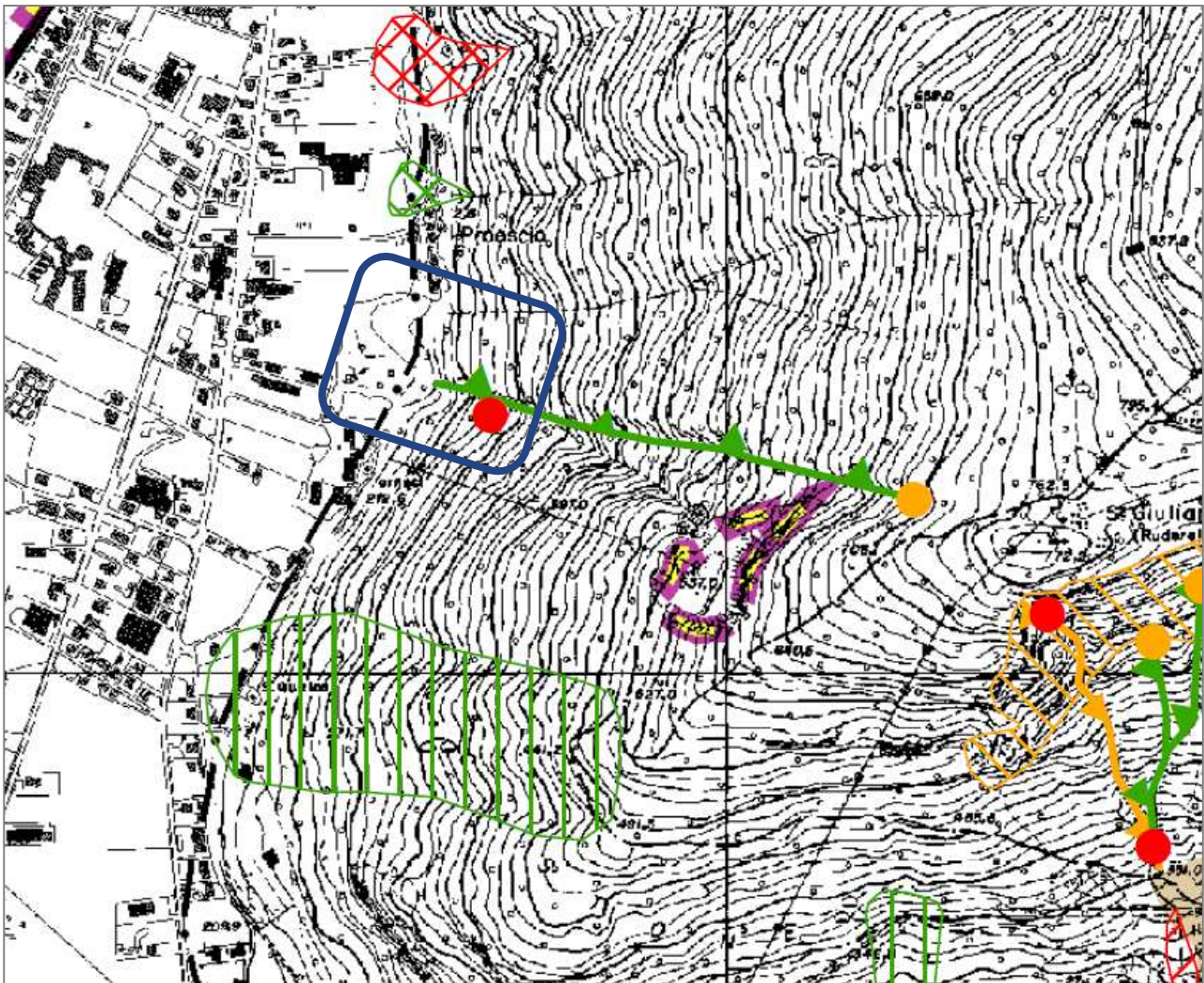
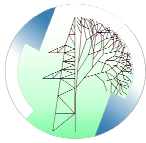
	Crollo/Ribaltamento		D.G.P.V. (deformazioni gravitative profonde di versante)
	Scivolamento rotazionale/traslattivo		Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
	Colamento lento		Aree soggette a frane superficiali diffuse
	Colamento rapido		Conoidi
	Complesso		Frane lineari
	Non determinato		Punto identificativo del fenomeno franoso

Figura 3: Tavola 3.3 - Elementi conoscitivi dell'assetto geologico, del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Provincia di Sondrio)



Quadro dei dissesti (legenda unificata PAI/PAI 2001)

Area di frana attiva	Area a pericolosità molto elevata per fenomeni di carattere torrentizio	Area di conoide attivo non protetta
Area di frana quiescente	Area a pericolosità elevata per fenomeni di carattere torrentizio	Area di conoide attivo parzialmente protetta
Area di frana stabilizzata	Area a pericolosità media o moderata per fenomeni di carattere torrentizio	Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta
Area di frana attiva non perimetrata	Area a pericolosità molto elevata non perimetrata per fenomeni di carattere torrentizio	Area a pericolosità molto elevata o elevata
Area di frana quiescente non perimetrata	Area a pericolosità elevata per fenomeni di carattere torrentizio	Area a pericolosità media o moderata
Area di frana stabilizzata non perimetrata	Area a pericolosità media o moderata non perimetrata per fenomeni di carattere torrentizio	Area a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata
		Area a pericolosità media o moderata non perimetrata

Delimitazioni delle fasce fluviali (PAI)

- Limite tra fascia A e fascia B
- Limite tra fascia B e fascia C
- Limite esterno della fascia C
- Limite di progetto tra la fascia B e la fascia C

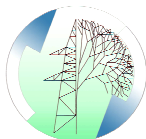
Are a rischio idrogeologico molto elevato

- Aree a rischio idrogeologico molto elevato

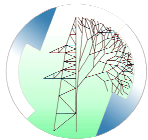
Figura 4: Estratto tavola 8.3 "Vincoli di natura geologica ed idrogeologica" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Provincia di Sondrio)

4.1 DINAMICA GEOMORFOLOGICA – EVENTI STORICI -

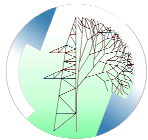
Dalla bibliografia esistente relativa agli eventi calamitosi che hanno interessato l'area comunale, come si può osservare nella tabella di seguito, **nell'area non si segnalano fenomeni di notevole rilevanza in epoca storica:**



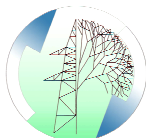
DATA	TIPOLOGIA DELL'EVENTO	EFFETTI	LOCALITA' INTERESSATA	FONTI BIBLIOGRAFICA	INTERVENTI ATTUATI
1443	Alluvione e frana	“Seppelita Olonio”	Olonio	De Bernardi (1987), Barnaba (1964)	
29.08.1520	Piena	Trasformazione idrografica con apertura nuovo letto F. Adda	Caraciasca Olonio	Crollalanza (1867), Besta (1964), Maffei (1880)	
1650	Piena F. Adda	Sommersione dell'abitato per frana e alluvionamento	Dubino	Valtellina (S.A.) (1985)	
1820	Piena Fiume Adda	Trasformazione idrografica del Fiume Adda		Griffini (1854)	
Sett. 1888	Straripamento fiume Adda	Inondazione con allagamento completo della piana. Rotte arginali dal passo di Dubino al lago di Como	Dubino	De Bernardi (1987), Griko della Besta (1972), Valentini (1890)	
1945-48-50	Alluvioni e piene torrentizie	Inondazione della piana di Dubino	Dubino	Feliciani (1951)	



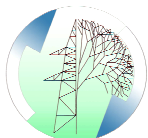
ante 1952	Frane		Dubino	Cantieri (S.A.) (1952)	
ante 1972	Frane		Valle Spinida, T. Vallate, Monastero e Proescio.	Pozzi e Sfondrini (1972)	
1978	Frane		Dubino Mantello	De Bernardi (1987)	
Novembre 2000	Debris_flow	Danni ad abitazioni e alla viabilità	<i>Località</i> <i>Madonna del Ronco _Mezzomanico 1_a ovest di Monastero_Dubino</i>	Depoli (2004)	In ambito di nicchia: 1) Riprofilatura delle frane, mediante opere di contenimento (Palizzate e terre armate); 2) Muro di contenimento ancorato in roccia; 3) Vallo alla base delle due nicchie. In ambito di accumulo: 1) Regolarizzazione delle acque con costruzione di canale e drenaggi; 2) Sistemazione delle aree con terrazzamenti, drenaggi e rinverdimento delle aree; 3) Piantumazione di vegetazione arborea.
2002	movimento di alcune			Depoli (2004)	ulteriore sistemazione delle nicchie



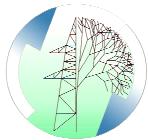
	palizzate e terre armate; arretramento delle nicchie di frana con il colamento di materiale nel sottostante pendio e canale		<i>Mezzomanico_</i> area in fase di ultimazione del cantiere (cantiere ancora aperto)		incrementando le opere con strutture di contenimento in c.a. (muri) posati su roccia ed ancorati con tiranti. A ciò sono stati aggiunti drenaggi profondi.
Novembre 2002	Debris_flow	danni diretti ad alcune abitazioni ed alla viabilità interna comunale.	<i>Località</i> <i>Monastero_Dubino</i>	Depoli (2004)	<ol style="list-style-type: none">1) Taglio della vegetazione arborea d'alto fusto lungo l'ambito dissestato;2) Posa di teli impermeabili e tubazioni di drenaggio Intercettazione ed allontanamento delle acque superficiali a monte della nicchia superiore;3) rimozione di parte del materiale nella zona di accumulo e lungo la strada comunale, con posa di alcuni New Jersey. <p>In ambito di nicchia:</p> <p>g) Riprofilatura delle frane, mediante opere di contenimento in gabbioni</p> <p>h) Realizzazione di drenaggi superficiali</p> <p>In ambito di accumulo:</p> <p>Sistemazione delle aree con rimozione del</p>



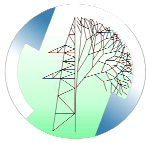
					materiale Opere di regimazione dell'asse vallivo, con briglie di stabilizzazione -Opere di drenaggio del pendio a monte dell'area di frana
2002	scivolamento di una modesta entità di terreno		<i>Località Motto</i>	Depoli (2004)	<ol style="list-style-type: none">1) Riprofilatura e consolidamento con muri dell'area di frana;2) Realizzazione di drenaggi superficiali.
Novembre 2000	Il collasso a medio versante di una piccola porzione di copertura ha dato origine ad una colata detritica -fangosa	Un morto e numerosi danni nel fondovalle urbanizzato	<i>Località Mezzomanico (Valle Merlo)</i>	Depoli (2004)	In ambito di nicchia: <ol style="list-style-type: none">1) Riprofilatura del canale di scorrimento con muri e briglie;2) Stabilizzazione e consolidamento della nicchia di frana con palizzate e muri;3) Drenaggi superficiali nel pendio;4) Protezione delle scarpate con scogliere al piede. In ambito di accumulo: <ol style="list-style-type: none">1) Svaso del materiale;2) Formazione di vasca di accumulo con briglie;



					<ul style="list-style-type: none">3) Realizzazione di nuovo alveo con opere di contenimento;4) Realizzazione collettore di scarico;5) Realizzazione nuovo alveo di allontanamento delle acque.
	situazione di notevole pericolo, ma non ha determinato alcun danno nel 2000-2002		Valle San Pietro		<p>costruzione di una briglia di contenimento usando i geoblocchi;</p> <p>costruzione di una briglia nel sito ove era stata realizzata quella di pronto intervento;</p> <p>regimazione con pavimentazione del tratto di canale/tratturo;</p> <p>costruzione di griglie di intercettazione delle acque;</p> <p>costruzione di un canale per allontanamento dall'area urbana delle acque</p> <p>Nella parte alta è stata inoltre realizzato un intervento di intercettazione ed allontanamento della acque dal pendio in direzione del vicino bacino del T. Vallate.</p>
	all'interno del bacino vallivo si sono attivati numerosi dissesti, alcuni dei quali controllati e già attivi prima dell'evento di		Torrente Vallate		<p>Costruzione di una nuova briglia di contenimento, con volume di capienza di circa 3000 mc;</p> <p>Sopralzo dell'argine in destra idrografica ad aumentare il grado di protezione dell'abitato;</p>



	venerdì 17 novembre 2000				<p>Regimazione dell'alveo con pavimentazione del tratto all'interno della conoide e protezione della sponda idrografica sinistra; Realizzazione di una soglia di consolidamento e stabilizzazione del fondo;</p> <p>Svaso della vasca di accumulo nel tratto distale della conoide;</p> <p>la parte medio alta del bacino è stata inoltre oggetto di numerosi interventi di consolidamento dell'alveo (briglie, muri, ecc) e stabilizzazione dei principali dissesti.</p>
	nel periodo 2000-2002 non si sono verificati eventi diretti sull'area urbana. Sono stati invece segnalati piccoli processi di erosione.		<p>Bacino Valli di Monastero</p> <p>Si tratta di due piccoli assi vallivi che confluiscono in un unico alveo a monte della frazione di Monastero</p>		<p>costruzione di una vasca di accumulo all'apice della conoide;</p> <p>definitiva sistemazione dei due tratti terminali di alveo.</p>



5 PIOVOSITA'

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le caratteristiche riguardo la piovosità nell'area di studio; si fa riferimento a dati pluviometrici e di temperatura registrati nella stazione meteorologica di Dubino (anni 2001 – 2002), oltre che sui dati contenuti all'interno della "Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo" edita dalla Regione Lombardia (registrazioni effettuate nel periodo 1891 – 1990), di cui si riportano di seguito due estratti.

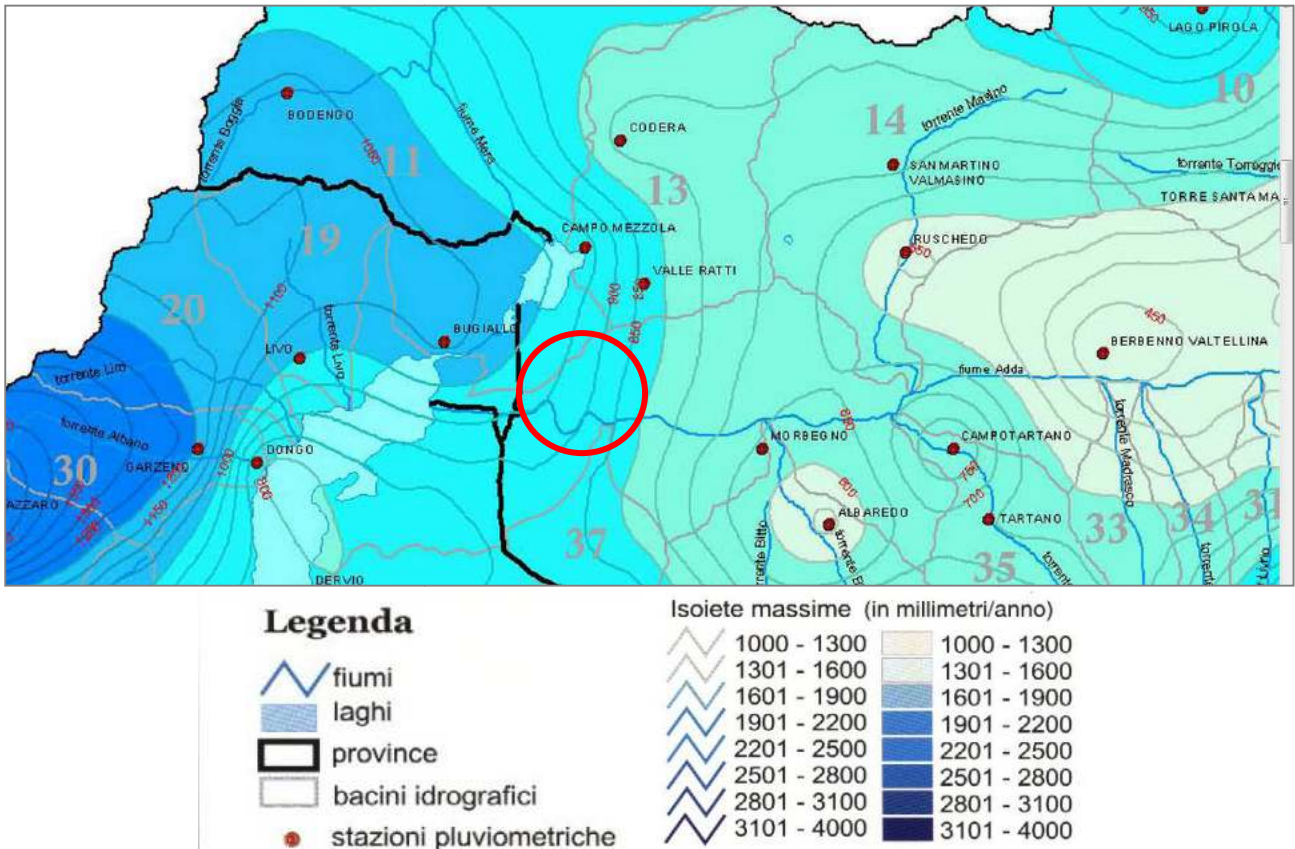
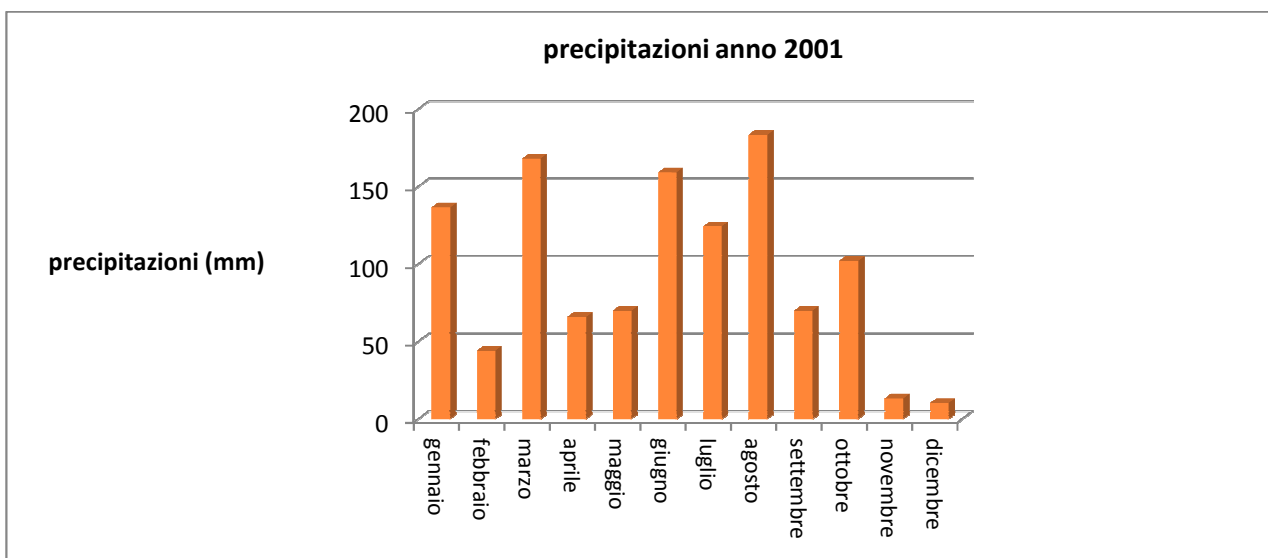
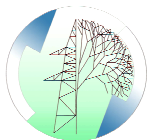
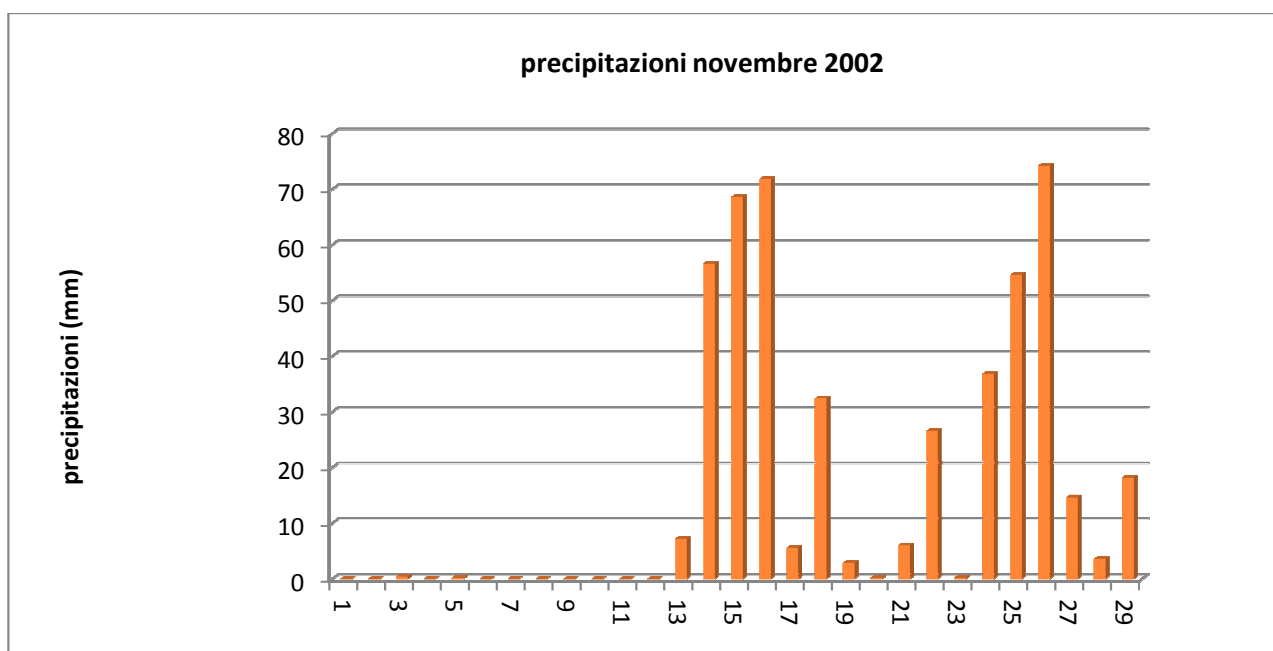


Figura 5: "Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo"



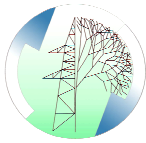


Osservando l'istogramma rappresentante il regime pluviometrico relativo all'anno 2001 (stazione di Dubino) sopra riportato, si nota una grande variabilità e distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno solare, con massimi nei mesi di agosto e di marzo (precipitazioni totali mensili superiori a 160 mm) e minimi nei mesi invernali di novembre e di dicembre (rispettivamente 13,2 mm e 10,2 mm). Le precipitazioni totali risultano pari a 1146 mm; questo dato ben si accorda con i dati riportati all'interno della "Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo". In particolare, i dati di pioggia registrati dal pluviometro di Morbegno tra il 1913 e il 1974, indicano una precipitazione media annua di 1196,4 mm. Nelle ultime stagioni si è registrato altresì un cambiamento nella distribuzione delle precipitazioni; gli anni 2000 e 2002 sono stati infatti caratterizzati da una concentrazione delle piogge nei mesi autunnali, in particolare nel mese di novembre, durante i quali si sono manifestati eventi pluviometrici di notevole intensità e di breve durata che hanno determinato il verificarsi di dissesti e allagamenti in tutta la provincia di Sondrio. A questo proposito è interessante osservare l'istogramma, riportato sotto, nel quale vengono mostrati i valori di precipitazione relativi al mese di novembre 2002, registrati nella stazione di Dubino.



Si nota innanzitutto la presenza di due picchi di concentrazione delle piogge, il primo tra il 14 e il 16 del mese, il secondo tra il 24 e il 26 novembre, durante i quali si sono verificate molteplici situazioni di dissesto. Nei giorni più piovosi, rispettivamente il 16 ed il 26, si registrarono precipitazioni superiori a 70 mm/giorno, mentre la pioggia totale caduta nell'arco dell'intero mese fu di 480,6 mm, vale a dire poco meno della metà delle precipitazioni registrate nell'intero anno 2001.

A completamento di quanto esposto precedentemente, è stata analizzata la banca dati meteorologica edita da ERSAL, con particolare riferimento alle stazioni di Traona e di Sondrio per un periodo di misurazioni che va dal 1988 al 2001, le quali confermano sostanzialmente le analisi condotte.



6 PERMEABILITA'

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le caratteristiche di permeabilità dei terreni di copertura e dei varie litologie che compongono il sottostante substrato roccioso

I materiali lapidei

- 1) le *dolomie* evidenziano una elevata permeabilità per fratturazione;
- 2) le *quarzodioriti* ("Serizzo") e gli *gneiss di Mantello* possiedono una permeabilità variabile da quasi nulla nei casi di assenza di fratturazione a moderata dove la fratturazione è pervasiva (fascia di qualche centinaio di metri nelle vicinanze della linea insubrica);
- 3) gli *gneiss del Tonale* presentano permeabilità quasi nulla per fratturazione come del resto le *anageniti* e gli *scisti sericitici*.

I materiali sciolti

- 1) gli *accumuli detritici* presentano una permeabilità molto elevata per porosità, in quanto gli elementi costituenti sono grossolani con scarsa matrice fine;
- 2) i *depositi di conoide* ed i *depositi alluvionali* sono caratterizzati da una permeabilità medio-elevata per porosità. Ricordiamo che nei depositi alluvionali è presente una vera e propria falda acquifera;
- 3) i *depositi morenici* essendo molto compatti e più ricchi di materiali limoso argillosi possiedono una permeabilità scarsa per porosità;
- 4) i *depositi laco-palustri*, costituiti da argille torbose e limi, sono praticamente impermeabili (zone di ristagno).

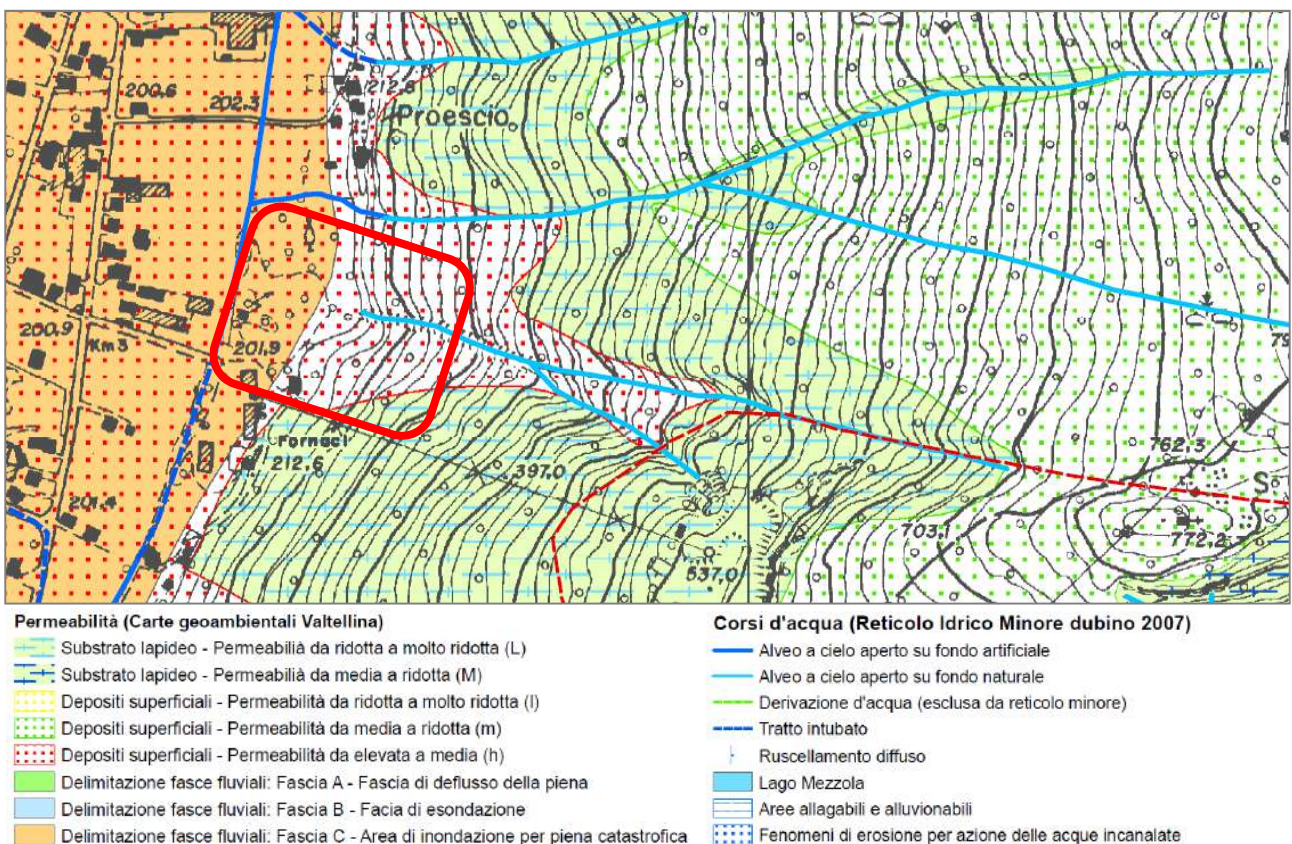
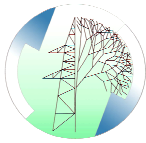


Figura 6. Carta idrogeologica di dettaglio



7 ANALISI DEI DISSESTI

In seguito alle analisi ed alle ricerche riguardo l'assetto geologico e geodinamico, riportate nei capitoli precedenti, si può affermare che ***l'area oggetto del presente studio non è mai stata interessata da particolari fenomeni di dissesto pregressi***. A conferma di ciò sia il quadro dei dissesti PAI che l' inventario dei fenomeni franosi "IFFI 2007" non riportano nella loro cartografia, di cui si riportano gli estratti nel capitolo 4, forme di dinamica geomorfologica attiva ne quiescente all' interno dell' area di studio.

Inoltre, in seguito ad un'approfondita analisi storico – bibliografica relativa alla zona di studio è emerso come essa, in passato, sia stata interessata da attività di deposito di materiale proveniente dalla cava di calcare posizionata a monte dell' area stessa. Il materiale di smarino proveniente dalla cava, dismessa ormai da circa 40 anni, veniva fatto scivolare lungo un piccolo asse vallivo presente nel versante montuoso ed accumulato a valle.

Alcune fotografie dell'epoca, riportate di seguito, testimoniano come il materiale fosse accumulato a valle e nella porzione di raccordo col versante, secondo gradonature atte a garantire la stabilità dei depositi; a riprova di ciò è interessante osservare come in circa 40 anni l' intera area sia stata colonizzata da una rigogliosa vegetazione arborea, la quale svolge, essa stessa, un 'importante funzione stabilizzatrice degli accumuli detritici.

Anche i sopralluoghi eseguiti in loco hanno evidenziato come, non vi siano forme geomorfologiche che possano far pensare a dissesti pregressi, ne vi siano evidenze di dissesti attualmente attivi o potenzialmente attivabili, fatto salvo per lievi scollamenti superficiali dei depositi laddove il pendio presenta una marcata acclività.

STATO PREGRESSO DEL VERSANTE



Figura 7: Foto panoramica dell'area di studio come si presentava negli anni '70.

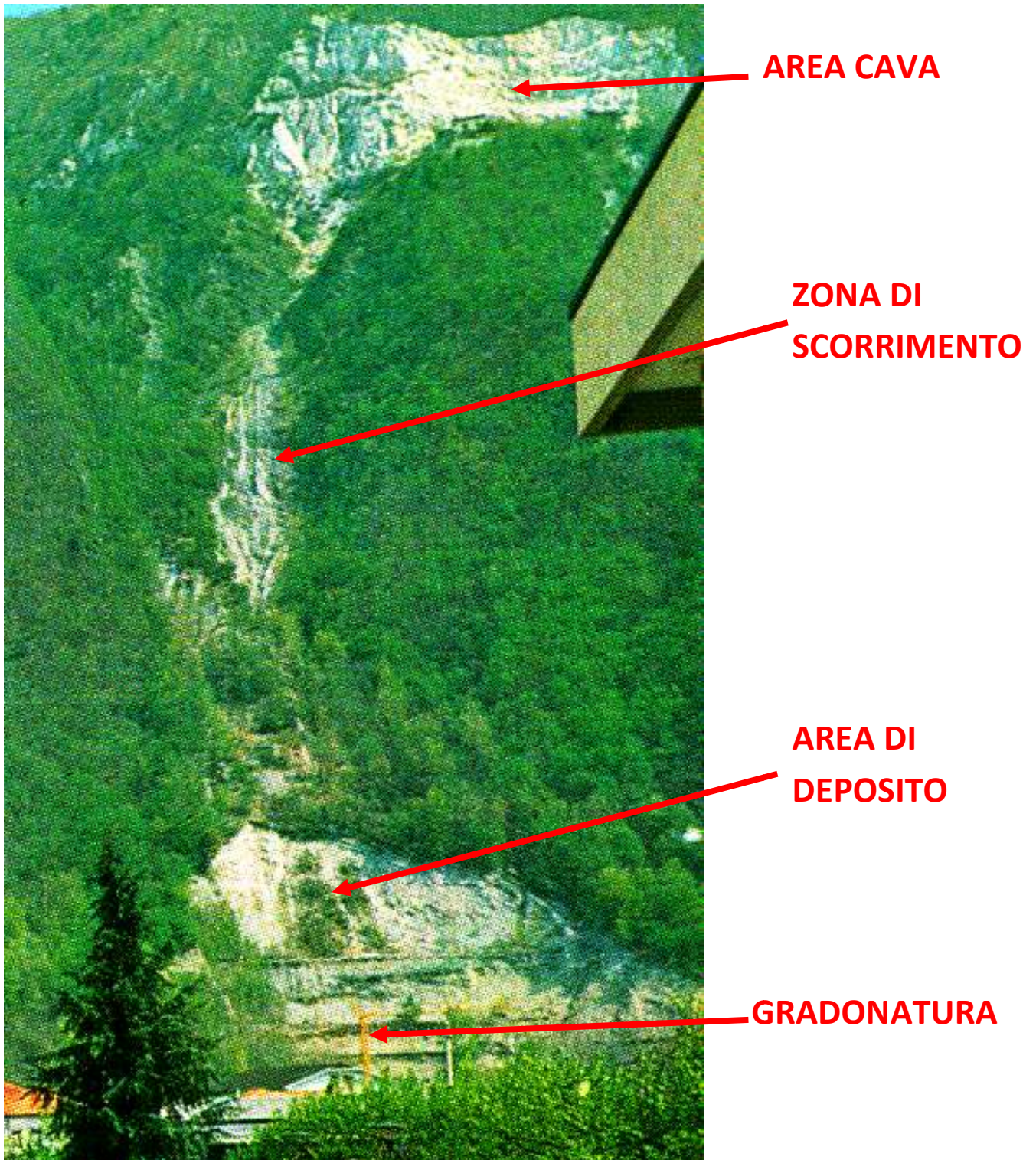
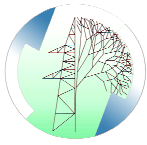
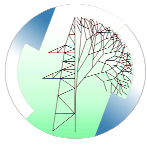


Figura 8: Particolare della foto precedente



STATO ATTUALE DEL VERSANTE

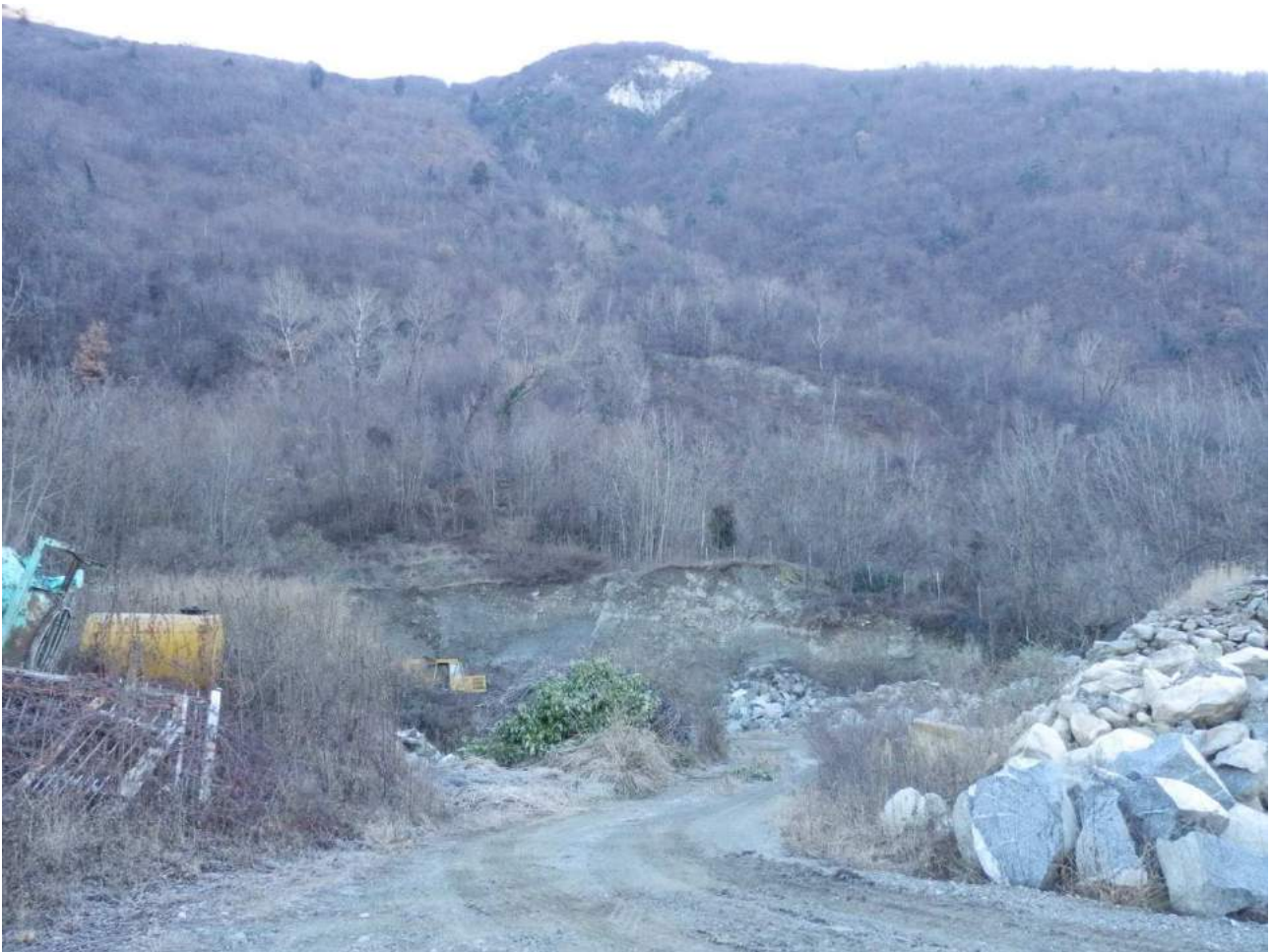
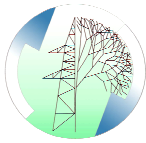


Figura 9: Panoramica attuale del versante

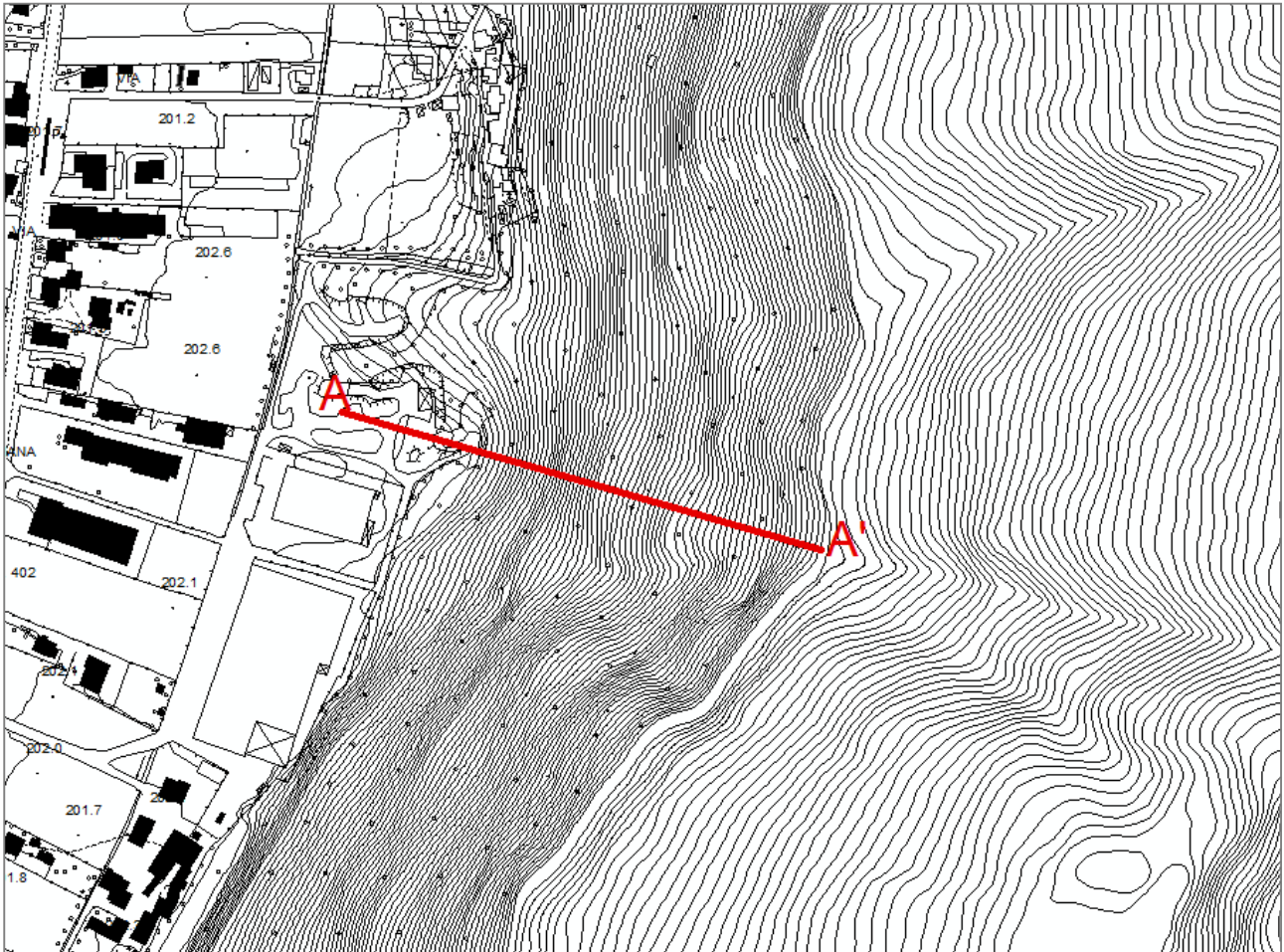


Figura 10: Particolare dei depositi antropici di cava



8 VERIFICHE DI STABILITA' DEL PENDIO

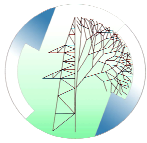
Le verifiche di stabilità sono state condotte lungo una sezione che comprende gli accumuli di materiale di scarto depositati sia a valle e lungo il pendio montuoso posto al di sotto dell'area di cava. Di seguito si riporta la traccia della sezione



La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che, se saturo, è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi, ed il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico, ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.



METODO DELL'EQUILIBRIO LIMITE (LEM)

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

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

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

METODO DEI CONCI

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

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

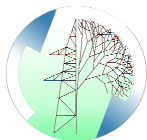
- Equazioni di equilibrio dei momenti n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
- Equazioni relative al criterio di rottura n
- Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

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

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

METODO DI JANBU (1967)

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

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

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

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

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

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Tutte le verifiche di stabilità sono state condotte in conformità con il DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

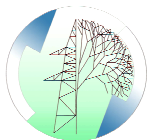
8.1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Date le particolari condizioni stratigrafiche e geolitologiche dell'area di analisi, ove ai depositi naturali sono stati sovradepositati strati di materiale di scarto (smarino) derivante dalla vicina cava di calce, i parametri geotecnici utilizzati per le verifiche alla stabilità sono stati tarati in funzione delle attuali condizioni di stabilità del pendio.

Il materiale depositato risulta infatti avere buone caratteristiche geomeccaniche in funzione del fatto che, durante il suo accumulo, ha subito una certa compattazione ad opera dei mezzi meccanici utilizzati per compiere le operazioni di distribuzione e gradonatura.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche geotecniche dei terreni soggetti a verifica di stabilità.

Modello geotecnico A						
VERSANTE MONTUOSO						
Litologia	Profondità	spessore	Cu	γ_n	γ_{sat}	ϕ
	[m]	[m]	[kg/cm²]	[kg/cm³]	[kg/cm³]	[°]
Deposito antropico	0 – 2	2	0.33	1800	1900	47
Deposito eluviale	2 - 3	1	0.33	1750	1850	47
Gneiss biotitici	> 3	SUBSTRATO RIGIDO		2700	3000	50



Modello geotecnico B						
<i>PIANO VALLIVO</i>						
Litologia	Profondità	spessore	Cu	γ_n	γ_{sat}	ϕ
	[m]	[m]	[kg/cm²]	[kg/cm³]	[kg/cm³]	[°]
Deposito antropico	0 – 4	2	0.33	1800	1900	47
Deposito alluvionale	4 - 10	6	0	1800	2000	35

dove:

γ = peso di volume naturale del terreno

γ = peso di volume saturo del terreno

ϕ = angolo d'attrito del terreno

Cu = coesione non drenata

La falda è assente.

8.2 RISULTATI VERIFICHE

Dalle verifiche condotte risulta che il fattore di sicurezza minimo su tutte le superfici di scivolamento calcolate è pari a

$$FS_{\min} = 1.325 .$$

In allegato al testo si riporta la "Relazione di calcolo" con i risultati ottenuti.

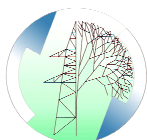
9 DETERMINAZIONE DELLE AREE OMOGENEE

In base alle indicazioni riportate nella normativa, la determinazione delle aree omogenee finalizzata alla determinazione della pericolosità di frana si basa sui caratteri geotecnici del sottosuolo e sull'acclività del versante.

Poiché i parametri geotecnici sono omogenei in tutto il settore di versante indagato, la suddivisione delle aree è stata effettuata in base alla classe di acclività; nell'estratto cartografico riportato di seguito si possono riconoscere tre classi omogenee distinte rispettivamente per acclività bassa, intermedia e alta.

In base a tali criteri sono state individuate due tipologie diverse di aree omogenee:

- **AREA OMOGENEA 1:** si tratta della zona di versante montuoso e della porzione di raccordo tra esso e la piana alluvionale sottostante del' area di studio, è caratterizzato da un acclività media compresa tra i 30° ed i 50° (vedasi carta delle pendenze in allegato) a dal punto di vista geologico - geotecnico ricade nel modello geotecnico A (vedasi tabella capito precedente)
- **AREA OMOGENEA 2:** si tratta della porzione di piano dell'area d' indagine, è caratterizzata da bassa acclività (0° - 10° di pendenza) e ricade nel modello geotecnico B

**10 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE**

La valutazione della pericolosità preliminare del versante, come da normativa, viene effettuata in base al fattore minimo di sicurezza "FS" risultante dalle verifiche di stabilità

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella:

AREA OMOGENEA	PERICOLOSITA' PRELIMINARE	
1	H3	FS _{min} = 1.325 .
2	H1	Zona pianeggiante/sub pianeggiante antistante il pendio

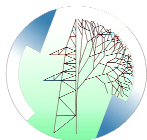
Si veda in allegato al presente documento la "Carta della zonazione preliminare della pericolosità"

11 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' FINALE

Si basa sulla valutazione della pericolosità preliminare e sull'analisi di altri fattori predisponenti, rappresentati dallo scorrimento d'acqua sul pendio e dal tipo di vegetazione. I sopralluoghi non hanno evidenziato fenomeni di ruscellamento concentrato sul versante, né ambiti di ristagno d'acqua, data l'elevata inclinazione del pendio. Per quanto riguarda la vegetazione presente, il versante è ricoperto da bosco ad alto fusto. Alla luce di tali considerazioni, la pericolosità finale viene fatta coincidere con quella iniziale.

AREA OMOGENEA	PERICOLOSITA' PRELIMINARE	PERICOLOSITA' FINALE
1	H3	H3
2	H1	H1

Si veda in allegato al presente documento la "Carta della pericolosità finale"

**12 PROPOSTA DI AZZONAMENTO DI FATTIBILITA' GEOLOGICA**

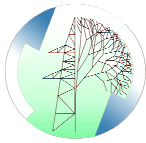
La seguente tabella, riportata nella d.g.r. 30 novembre 2011 n. 9/2616 pubblicata sul B.U.R.L. del 19/01/2012 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l. r. 11 marzo 2005, n. 12", indica la correlazione tra classe di pericolosità e classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, di cui si riporta un estratto:

PERICOLOSITA' /RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 con modeste o consistenti limitazioni
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 gravi o consistenti limitazioni
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4- gravi limitazioni

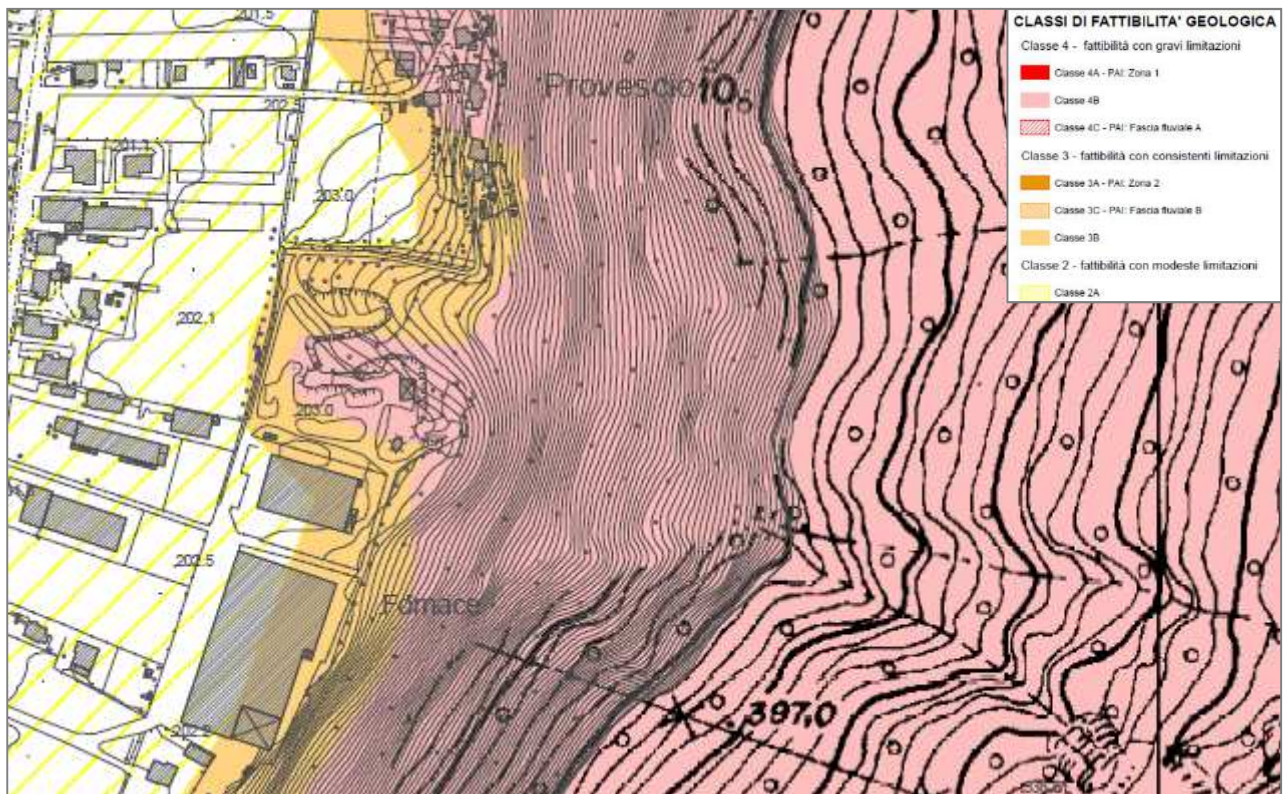
Le condizioni geologiche e geomorfologiche del sito (assenza di fenomeni franosi pregressi, potenziali o in atto, nonché di fattori predisponenti) consentono di ascrivere l'area oggetto dell'approfondimento come segue:

- **CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 4:** per il settore del versante vallivo ed il raccordo a valle (Area omogenea 1)
- **CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 3:** per il settore pianeggiante dell'area di studio (Area omogenea 2)

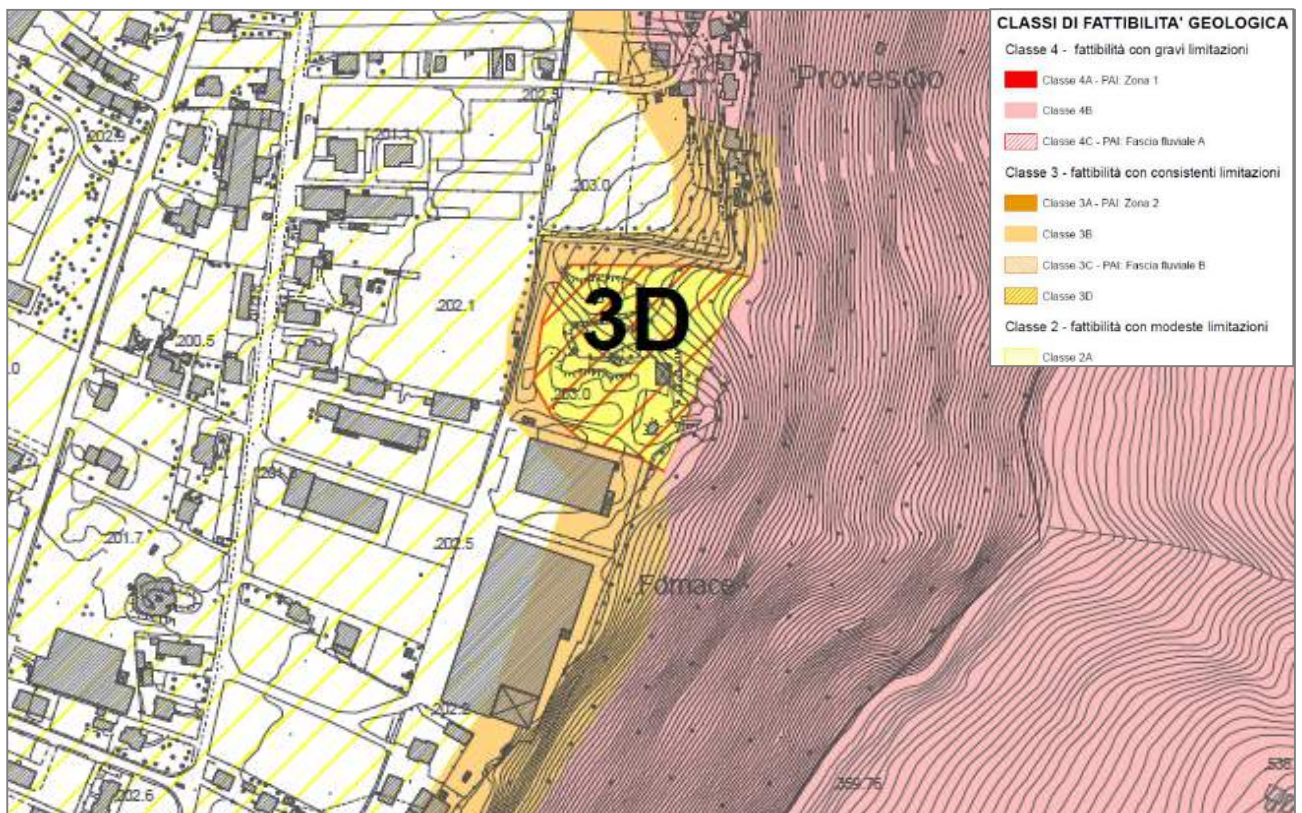
Di seguito vengono proposti due estratti della carta della fattibilità geologica allo stato attuale e quella proposta alla luce del presente studio di approfondimento

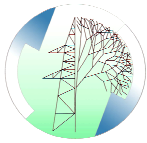


FATTIBILITA' ATTUALE

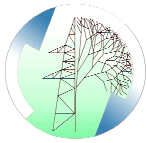


FATTIBILITA' PROPOSTA

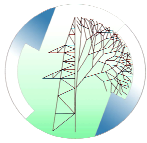




ALLEGATI



VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE – RELAZIONE DI CALCOLO



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Progetto: Stabilizzazione pendio
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i l_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia, E_a ed E_b rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata, ΔX_i è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	γ	γ_w	ϕ'	c'	ϕ_u	c_u
1	Substrato roccioso	2700	3000	50.00	0,000	0.00	0,000
2	Depositi antropici	1800	1900	47.00	0,330	0.00	0,000
3	Depositi alluvionali	1800	2000	35.00	0,000	0.00	0,000
4	Depositi eluviali	1750	1800	47.00	0,330	0.00	0,400

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	609,80
2	38,04	611,80
3	38,10	611,81
4	38,19	611,82
5	38,27	611,83
6	38,46	611,85
7	54,49	613,80
8	71,65	613,80
9	77,27	615,80
10	81,45	617,80
11	84,59	619,80
12	87,72	621,80
13	90,88	623,80
14	94,03	625,80
15	96,77	627,80
16	99,04	629,80
17	101,31	631,80
18	103,40	633,80
19	105,59	635,80
20	107,66	637,80
21	110,17	639,80
22	112,81	641,80
23	114,91	643,80
24	117,18	645,80
25	119,91	647,80
26	121,72	649,80
27	123,99	651,80
28	125,35	653,80
29	127,41	655,80
30	129,43	657,80
31	131,15	659,80
32	133,51	661,80
33	135,77	663,80
34	137,60	665,80
35	139,87	667,80
36	142,07	669,80
37	143,95	671,80
38	146,23	673,80
39	147,79	675,80
40	150,30	677,80
41	153,57	679,80
42	156,65	681,80
43	159,83	683,80
44	163,00	685,80
45	166,18	687,80
46	170,26	689,80
47	172,48	691,80
48	175,84	693,80
49	178,88	695,80
50	182,05	697,80

51	184,78	699,80
52	187,51	701,80
53	190,15	703,80
54	192,94	705,80
55	195,66	707,80
56	200,12	709,59
57	200,64	709,80
58	204,27	711,80
59	208,78	713,80
60	212,38	715,80
61	216,28	717,80
62	220,16	719,80
63	223,70	721,80
64	227,39	723,80
65	230,59	725,80
66	234,05	727,80
67	237,97	729,80
68	241,44	731,80
69	244,93	733,80
70	248,67	735,79
71	248,68	735,80
72	249,99	736,63
73	251,82	737,80
74	254,42	739,80
75	257,36	741,80
76	260,08	743,80
77	262,80	745,80
78	265,41	747,80
79	268,24	749,80
80	270,63	751,80
81	273,77	753,80
82	277,32	755,80
83	280,85	758,39

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Substrato roccioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	63,81	605,62
2	63,20	605,30
3	37,00	599,50
4	21,30	597,40
5	3,80	596,00
6	0,00	596,00
7	0,00	0,00
8	280,85	0,00
9	280,60	755,90
10	250,10	734,20
11	236,60	726,50
12	217,40	715,20
13	202,50	707,70
14	197,00	705,20
15	171,70	687,10
16	158,70	679,50
17	150,20	673,30
18	133,40	657,90
19	121,60	646,00
20	113,30	637,90
21	101,70	627,40
22	89,60	618,60
23	82,40	613,90
24	77,00	610,80
25	71,10	608,20

Strato impermeabile

Strato rigido

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Depositi antropici)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
----	------	------

1	249,99	736,63
2	248,68	735,80
3	248,67	735,79
4	244,93	733,80
5	241,44	731,80
6	237,97	729,80
7	234,05	727,80
8	230,59	725,80
9	227,39	723,80
10	223,70	721,80
11	220,16	719,80
12	216,28	717,80
13	212,38	715,80
14	208,78	713,80
15	204,27	711,80
16	200,64	709,80
17	200,12	709,59
18	195,66	707,80
19	192,94	705,80
20	190,15	703,80
21	187,51	701,80
22	184,78	699,80
23	182,05	697,80
24	178,88	695,80
25	175,84	693,80
26	172,48	691,80
27	170,26	689,80
28	166,18	687,80
29	163,00	685,80
30	159,83	683,80
31	156,65	681,80
32	153,57	679,80
33	150,30	677,80
34	147,79	675,80
35	146,23	673,80
36	143,95	671,80
37	142,07	669,80
38	139,87	667,80
39	137,60	665,80
40	135,77	663,80
41	133,51	661,80
42	131,15	659,80
43	129,43	657,80
44	127,41	655,80
45	125,35	653,80
46	123,99	651,80
47	121,72	649,80
48	119,91	647,80
49	117,18	645,80
50	114,91	643,80
51	112,81	641,80
52	110,17	639,80
53	107,66	637,80
54	105,59	635,80
55	103,40	633,80
56	101,31	631,80
57	99,04	629,80
58	96,77	627,80
59	94,03	625,80
60	90,88	623,80
61	87,72	621,80
62	84,59	619,80
63	81,45	617,80
64	77,27	615,80
65	71,65	613,80
66	54,49	613,80
67	38,46	611,85
68	38,27	611,83
69	39,90	610,20
70	43,90	610,00
71	54,00	609,70
72	63,90	609,70
73	70,00	610,00
74	72,53	610,25
75	74,00	610,40
76	77,73	611,99
77	78,00	612,10

78	79,60	613,10
79	86,80	618,00
80	93,90	622,90
81	101,00	628,10
82	108,20	634,20
83	112,20	638,10
84	120,90	646,40
85	132,50	658,30
86	149,90	674,30
87	157,80	680,10
88	171,10	688,10
89	196,10	706,10
90	202,00	708,90
91	216,90	716,30
92	249,60	735,90

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Depositi alluvionali)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

N°	X[m]	Y[m]
1	72,53	610,25
2	70,00	610,00
3	63,90	609,70
4	54,00	609,70
5	43,90	610,00
6	39,90	610,20
7	38,27	611,83
8	38,19	611,82
9	38,10	611,81
10	38,04	611,80
11	0,00	609,80
12	0,00	606,20
13	0,00	596,02
14	0,00	596,00
15	3,80	596,00
16	21,30	597,40
17	37,00	599,50
18	63,20	605,30
19	63,81	605,62
20	72,50	610,20

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Depositi eluviali)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

N°	X[m]	Y[m]
1	280,60	755,90
2	280,85	758,39
3	277,32	755,80
4	273,77	753,80
5	270,63	751,80
6	268,24	749,80
7	265,41	747,80
8	262,80	745,80
9	260,08	743,80
10	257,36	741,80
11	254,42	739,80
12	251,82	737,80
13	249,99	736,63
14	249,60	735,90
15	216,90	716,30
16	202,00	708,90
17	196,10	706,10
18	171,10	688,10
19	157,80	680,10
20	149,90	674,30
21	132,50	658,30
22	120,90	646,40
23	112,20	638,10
24	108,20	634,20
25	101,00	628,10
26	93,90	622,90
27	86,80	618,00
28	79,60	613,10
29	78,00	612,10
30	77,73	611,99

31	74,00	610,40
32	72,53	610,25
33	72,50	610,20
34	63,81	605,62
35	71,10	608,20
36	77,00	610,80
37	82,40	613,90
38	89,60	618,60
39	101,70	627,40
40	113,30	637,90
41	121,60	646,00
42	133,40	657,90
43	150,20	673,30
44	158,70	679,50
45	171,70	687,10
46	197,00	705,20
47	202,50	707,70
48	217,40	715,20
49	236,60	726,50
50	250,10	734,20

Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :
Metodo di JANBU COMPLETO (C)

Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniaassiale		γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		γ_r	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniaassiale		γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		γ_r	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.250 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_s)	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 0.73$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.37$

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 9,70$	$Y_0 = 696,50$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 33$	$N_y = 31$
Raggio [m]:	$R = 30,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 100

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	598
Coefficiente di sicurezza minimo	1.325
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
JANBU COMPLETO	598	1.325	1	10.531	598

Caratteristiche delle superfici analizzate**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v, y_v ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mx_m, y_m ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C _x	C _y	R	x _v	y _v	x _m	y _m	V	C _s	caso
1	71,70	698,50	79,00	86,23	620,85	147,10	674,91	227,51	1.325 (C)	[A2M2]
2	71,70	698,50	79,00	86,23	620,85	147,10	674,91	227,51	1.326 (C)	[A2M2]
3	73,70	704,50	79,50	97,86	628,76	147,86	675,86	180,91	1.338 (C)	[A2M2]
4	73,70	704,50	79,50	97,86	628,76	147,86	675,86	180,91	1.340 (C)	[A2M2]
5	71,70	700,50	77,50	95,19	626,64	143,50	671,32	173,75	1.352 (C)	[A2M2]
6	73,70	698,50	75,50	94,00	625,78	144,50	672,28	184,86	1.353 (C)	[A2M2]
7	71,70	700,50	77,50	95,19	626,64	143,50	671,32	173,75	1.353 (C)	[A2M2]
8	73,70	698,50	75,50	94,00	625,78	144,50	672,28	184,86	1.355 (C)	[A2M2]
9	73,70	698,50	77,00	90,00	623,25	146,93	674,69	211,35	1.357 (C)	[A2M2]
10	71,70	702,50	78,50	97,35	628,31	143,95	671,80	165,63	1.364 (C)	[A2M2]
11	71,70	702,50	78,50	97,35	628,31	143,95	671,80	165,63	1.366 (C)	[A2M2]
12	73,70	696,50	74,00	92,77	625,00	143,15	670,95	183,58	1.369 (C)	[A2M2]
13	69,70	700,50	79,00	92,60	624,89	142,82	670,60	179,96	1.370 (C)	[A2M2]
14	73,70	696,50	74,00	92,77	625,00	143,15	670,95	183,58	1.370 (C)	[A2M2]
15	69,70	700,50	79,00	92,60	624,89	142,82	670,60	179,96	1.372 (C)	[A2M2]
16	69,70	702,50	79,50	96,64	627,70	142,25	669,99	161,21	1.372 (C)	[A2M2]
17	69,70	702,50	79,50	96,64	627,70	142,25	669,99	161,21	1.374 (C)	[A2M2]
18	73,70	698,50	74,00	97,48	628,42	141,81	669,56	157,41	1.377 (C)	[A2M2]
19	71,70	704,50	79,50	99,14	629,88	144,30	672,11	157,13	1.379 (C)	[A2M2]
20	71,70	704,50	79,50	99,14	629,88	144,30	672,11	157,13	1.381 (C)	[A2M2]
21	73,70	704,50	78,00	100,82	631,37	144,89	672,62	151,79	1.386 (C)	[A2M2]
22	71,70	698,50	75,00	96,80	627,82	140,30	668,20	153,24	1.387 (C)	[A2M2]
23	73,70	704,50	78,00	100,82	631,37	144,89	672,62	151,79	1.389 (C)	[A2M2]
24	71,70	698,50	75,00	96,80	627,82	140,30	668,20	153,24	1.389 (C)	[A2M2]
25	69,70	700,50	78,00	95,55	626,91	140,97	668,80	160,15	1.391 (C)	[A2M2]
26	73,70	700,50	75,00	99,25	629,99	142,18	669,92	148,84	1.392 (C)	[A2M2]
27	69,70	698,50	77,00	92,89	625,07	140,60	668,46	169,32	1.393 (C)	[A2M2]
28	69,70	700,50	78,00	95,55	626,91	140,97	668,80	160,15	1.393 (C)	[A2M2]
29	73,70	700,50	75,00	99,25	629,99	142,18	669,92	148,84	1.394 (C)	[A2M2]
30	71,70	700,50	76,00	98,61	629,43	140,63	668,49	144,12	1.409 (C)	[A2M2]
31	71,70	700,50	76,00	98,61	629,43	140,63	668,49	144,12	1.412 (C)	[A2M2]
32	67,70	698,50	78,00	91,58	624,25	139,12	667,14	165,96	1.415 (C)	[A2M2]
33	67,70	698,50	78,00	91,58	624,25	139,12	667,14	165,96	1.417 (C)	[A2M2]
34	73,70	706,50	79,00	102,50	632,94	145,19	672,89	142,46	1.420 (C)	[A2M2]
35	73,70	706,50	79,00	102,50	632,94	145,19	672,89	142,46	1.421 (C)	[A2M2]
36	73,70	702,50	76,00	101,09	631,61	142,54	670,30	139,61	1.421 (C)	[A2M2]
37	73,70	702,50	76,00	101,09	631,61	142,54	670,30	139,61	1.423 (C)	[A2M2]
38	67,70	698,50	77,50	93,35	625,37	138,21	666,34	154,99	1.426 (C)	[A2M2]
39	71,70	696,50	73,00	97,04	628,04	138,16	666,29	141,81	1.428 (C)	[A2M2]
40	67,70	698,50	77,50	93,35	625,37	138,21	666,34	154,99	1.429 (C)	[A2M2]
41	71,70	696,50	73,00	97,04	628,04	138,16	666,29	141,81	1.430 (C)	[A2M2]
42	67,70	700,50	78,50	96,12	627,32	138,50	666,59	144,72	1.433 (C)	[A2M2]
43	67,70	700,50	78,50	96,12	627,32	138,50	666,59	144,72	1.436 (C)	[A2M2]
44	69,70	700,50	77,00	98,01	628,89	139,08	667,11	138,91	1.445 (C)	[A2M2]
45	69,70	700,50	77,00	98,01	628,89	139,08	667,11	138,91	1.448 (C)	[A2M2]
46	73,70	704,50	77,00	102,77	633,20	142,85	670,63	129,53	1.464 (C)	[A2M2]
47	73,70	702,50	75,50	102,08	632,54	141,50	669,28	128,40	1.466 (C)	[A2M2]
48	73,70	704,50	77,00	102,77	633,20	142,85	670,63	129,53	1.467 (C)	[A2M2]
49	73,70	702,50	75,50	102,08	632,54	141,50	669,28	128,40	1.469 (C)	[A2M2]
50	65,70	698,50	78,00	94,11	625,86	135,39	663,46	138,22	1.483 (C)	[A2M2]
51	65,70	698,50	78,00	94,11	625,86	135,39	663,46	138,22	1.486 (C)	[A2M2]
52	69,70	704,50	79,50	100,77	631,32	140,53	668,40	129,12	1.490 (C)	[A2M2]
53	63,70	696,50	78,50	87,61	621,73	134,57	662,74	158,94	1.496 (C)	[A2M2]
54	63,70	696,50	78,50	87,61	621,73	134,57	662,74	158,94	1.499 (C)	[A2M2]
55	73,70	708,50	79,50	105,33	635,56	144,45	672,24	120,08	1.503 (C)	[A2M2]
56	73,70	708,50	79,50	105,33	635,56	144,45	672,24	120,08	1.506 (C)	[A2M2]
57	65,70	696,50	76,50	92,57	624,88	134,17	662,39	137,57	1.510 (C)	[A2M2]
58	69,70	696,50	73,50	97,54	628,48	135,33	663,41	124,75	1.512 (C)	[A2M2]
59	65,70	696,50	76,50	92,57	624,88	134,17	662,39	137,57	1.513 (C)	[A2M2]

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X _s	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y _{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y _{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X _g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y _g	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cm ^q
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cm ^q
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E _s , E _d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X _s , X _d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	34	
Coordinate del centro	X[m]= 71,70	Y[m]= 698,50
Raggio del cerchio	R[m]= 79,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 86,23	Y _v [m]= 620,85
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 147,10	Y _m [m]= 674,91
Coefficiente di sicurezza	C _s = 1.325	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	α	φ	c
1	86,23	620,85	620,85	87,72	621,80	621,14	87,22	621,26	1,52	11,15	40,63	0,26
2	87,72	621,80	621,14	90,88	623,80	621,86	89,56	622,26	3,24	12,88	40,63	0,26
3	90,88	623,80	621,86	93,90	625,72	622,68	92,50	623,57	3,13	15,19	40,63	0,26
4	93,90	625,72	622,68	94,03	625,80	622,72	93,97	624,23	0,14	16,37	40,63	0,26
5	94,03	625,80	622,72	96,19	627,37	623,39	95,15	624,85	2,26	17,24	40,63	0,26
6	96,19	627,37	623,39	96,77	627,80	623,81	96,48	625,61	0,72	36,03	43,63	0,00
7	96,77	627,80	623,81	101,31	631,80	627,12	99,10	627,69	5,61	36,03	43,63	0,00
8	101,31	631,80	627,12	101,70	632,17	627,40	101,51	629,64	0,48	36,03	43,63	0,00
9	101,70	632,17	627,40	103,40	633,80	628,94	102,55	630,59	2,29	42,15	43,63	0,00
10	103,40	633,80	628,94	105,59	635,80	630,92	104,50	632,38	2,95	42,15	43,63	0,00
11	105,59	635,80	630,92	107,66	637,80	632,79	106,63	634,34	2,79	42,15	43,63	0,00
12	107,66	637,80	632,79	110,17	639,80	635,07	108,90	636,37	3,39	42,15	43,63	0,00
13	110,17	639,80	635,07	112,81	641,80	637,46	111,47	638,53	3,56	42,15	43,63	0,00
14	112,81	641,80	637,46	113,30	642,27	637,90	113,06	639,87	0,66	42,15	43,63	0,00
15	113,30	642,27	637,90	114,91	643,80	639,47	114,10	640,87	2,25	44,30	43,63	0,00
16	114,91	643,80	639,47	117,18	645,80	641,69	116,04	642,69	3,17	44,30	43,63	0,00
17	117,18	645,80	641,69	119,91	647,80	644,35	118,50	644,89	3,81	44,30	43,63	0,00
18	119,91	647,80	644,35	121,60	649,67	646,00	120,76	646,97	2,36	44,30	43,63	0,00
19	121,60	649,67	646,00	121,72	649,80	646,12	121,66	647,91	0,17	45,24	43,63	0,00
20	121,72	649,80	646,12	123,99	651,80	648,41	122,84	649,03	3,22	45,24	43,63	0,00
21	123,99	651,80	648,41	125,35	653,80	649,78	124,69	650,98	1,93	45,24	43,63	0,00
22	125,35	653,80	649,78	127,41	655,80	651,86	126,38	652,82	2,93	45,24	43,63	0,00
23	127,41	655,80	651,86	129,43	657,80	653,90	128,42	654,85	2,87	45,24	43,63	0,00
24	129,43	657,80	653,90	131,15	659,80	655,63	130,30	656,80	2,44	45,24	43,63	0,00
25	131,15	659,80	655,63	133,40	661,71	657,90	132,26	658,76	3,20	45,24	43,63	0,00
26	133,40	661,71	657,90	133,51	661,80	658,00	133,45	659,86	0,15	42,51	43,63	0,00
27	133,51	661,80	658,00	135,77	663,80	660,07	134,64	660,93	3,07	42,51	43,63	0,00
28	135,77	663,80	660,07	137,60	665,80	661,75	136,70	662,88	2,48	42,51	43,63	0,00
29	137,60	665,80	661,75	139,87	667,80	663,83	138,73	664,80	3,08	42,51	43,63	0,00
30	139,87	667,80	663,83	142,07	669,80	665,85	140,97	666,83	2,98	42,51	43,63	0,00
31	142,07	669,80	665,85	143,95	671,80	667,57	143,02	668,78	2,55	42,51	43,63	0,00
32	143,95	671,80	667,57	144,67	672,43	668,23	144,31	670,02	0,98	42,51	43,63	0,00
33	144,67	672,43	668,23	146,23	673,80	672,30	145,33	671,48	4,36	69,05	40,63	0,26
34	146,23	673,80	672,30	147,10	674,91	674,91	146,52	673,67	2,75	71,63	40,63	0,26

Forze applicate sulle strisce [JANBU COMPLETO]

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d
1	884	0	2614	4719	0	0	4118	0	-2591
2	7380	0	11727	14051	0	4118	15147	-2591	-9747
3	13507	0	18259	18056	0	15147	27689	-9747	-18541
4	714	0	438467	284154	0	27689	176713	-18541	-518603
5	13636	0	-449096	-286264	0	176713	36325	-518603	8839
6	4142	0	32208	23174	0	36325	36090	8839	-26682
7	35149	0	30693	22084	0	36090	35638	-26682	-29215
8	3295	0	3685	2651	0	35638	35591	-29215	-30448
9	14635	0	11583	8334	0	35591	33888	-30448	-29939
10	19074	0	13610	9793	0	33888	31874	-29939	-27457
11	18310	0	13881	9987	0	31874	29829	-27457	-26074
12	21877	0	14595	10501	0	29829	27659	-26074	-21985
13	21415	0	15573	11205	0	27659	25357	-21985	-19557
14	3811	0	4045	2911	0	25357	24772	-19557	-20684
15	12501	0	9697	6977	0	24772	22901	-20684	-19951
16	17113	0	11880	8548	0	22901	20595	-19951	-17247
17	18427	0	12584	9054	0	20595	18150	-17247	-14082
18	10732	0	9628	6927	0	18150	16304	-14082	-15040
19	787	0	23929	17218	0	16304	11428	-15040	-43325
20	14312	0	-15214	-10947	0	11428	14420	-43325	-10475
21	8988	0	9492	6829	0	14420	12422	-10475	-12987
22	14632	0	8464	6090	0	12422	10592	-12987	-8585
23	14136	0	9776	7034	0	10592	8499	-8585	-6275
24	12387	0	8868	6381	0	8499	6603	-6275	-4616
25	16007	0	10808	7777	0	6603	4286	-4616	-1683
26	746	0	-22739	-16362	0	4286	7587	-1683	26884
27	15170	0	35863	25805	0	7587	2262	26884	-1764
28	12696	0	8000	5756	0	2262	1005	-1764	1192
29	16242	0	11912	8571	0	1005	-846	1192	2921
30	15547	0	11372	8183	0	-846	-2613	2921	4613
31	13725	0	9698	6978	0	-2613	-4124	4613	6524
32	5430	0	4146	2983	0	-4124	-4766	6524	6902
33	7967	0	31103	28822	0	-4766	-23572	6902	-23138
34	1166	0	-29218	-13445	0	-23572	-87	-23138	0

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	11.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	GEOTECH s.r.l.
Licenza	AIU09741A

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

Il progettista
()

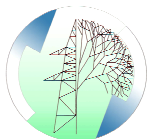


Foto 1: Vista panoramica dell'area di piano, in rosso è riportata la delimitazione indicativa dell' area con classe di fattibilità geologica 3d

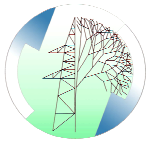


Foto 2: Vista dei depositi antropici sul versante montuoso ricolonizzati dalla vegetazione arborea



Foto 3: Affioramento roccioso lungo il versante

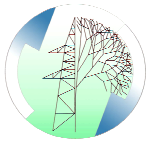
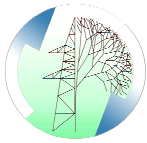


Foto 4: Vista panoramica della porzione di versante analizzato

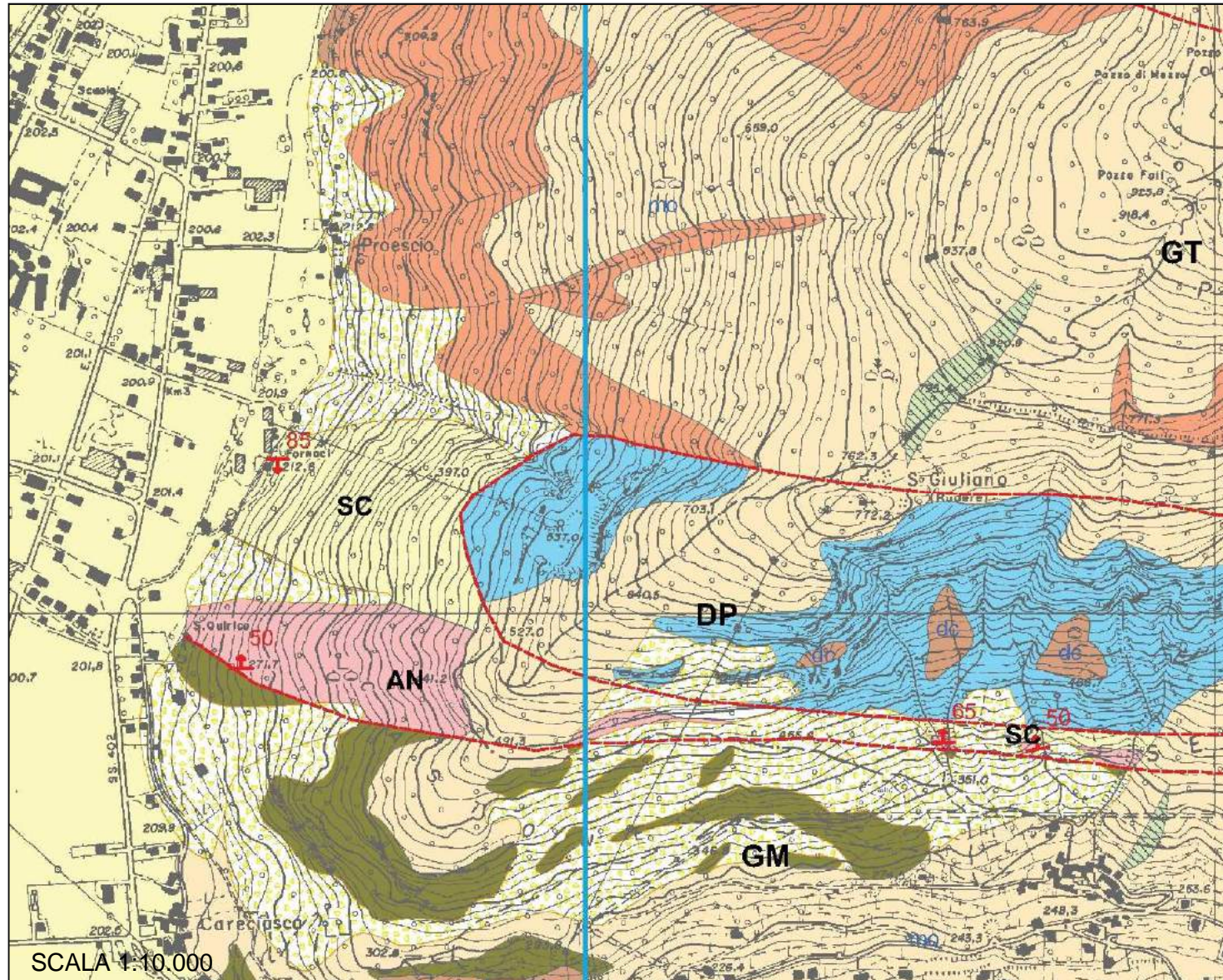


GEOTECH S.r.l.

Sede : via T. Nani, 7 23017 Morbegno (SO) Tel 0342 6107 74 – mail: info@geotech-srl.it

ELABORATI CARTOGRAFICI

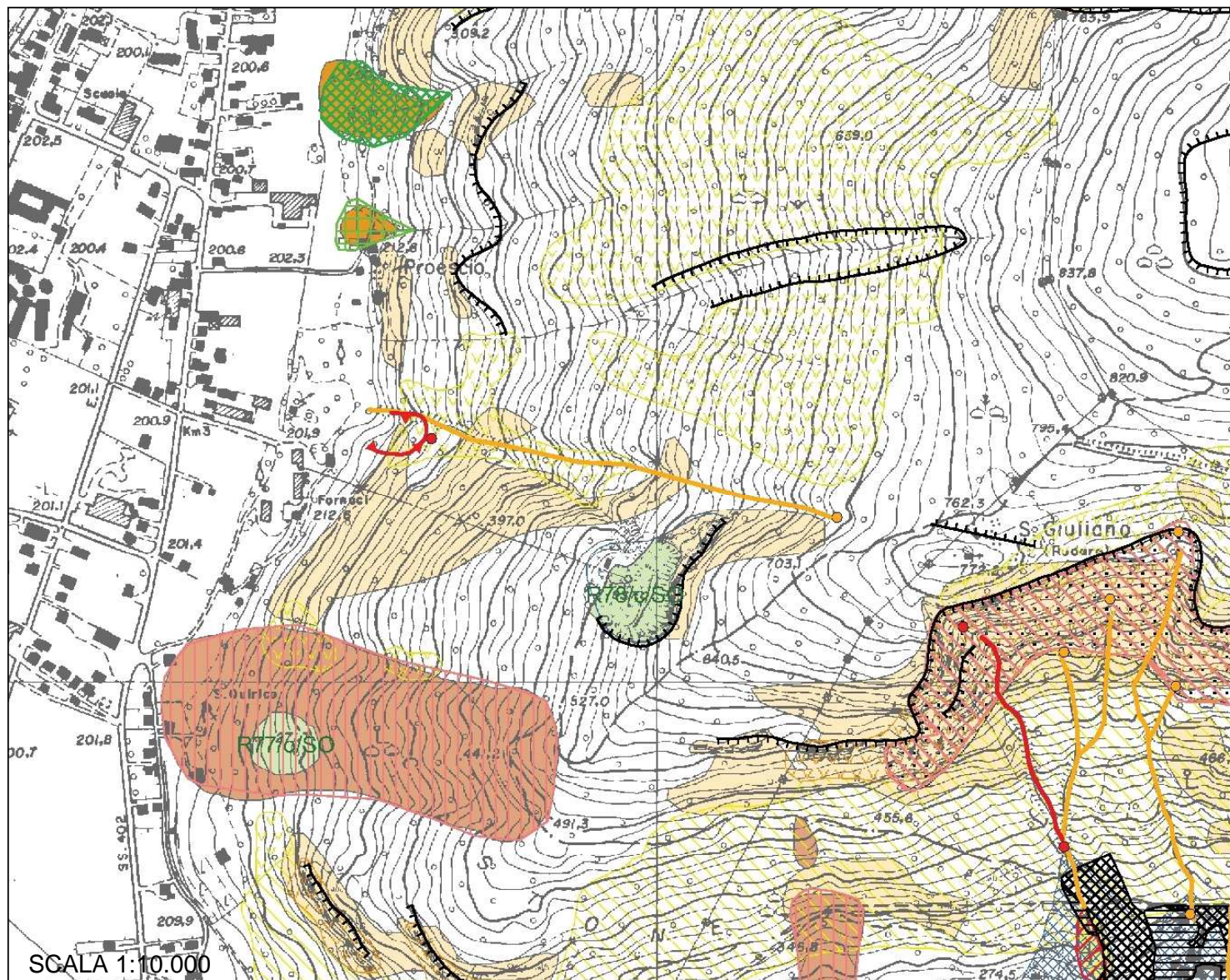
CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOLITOLOGICO



LEGENDA

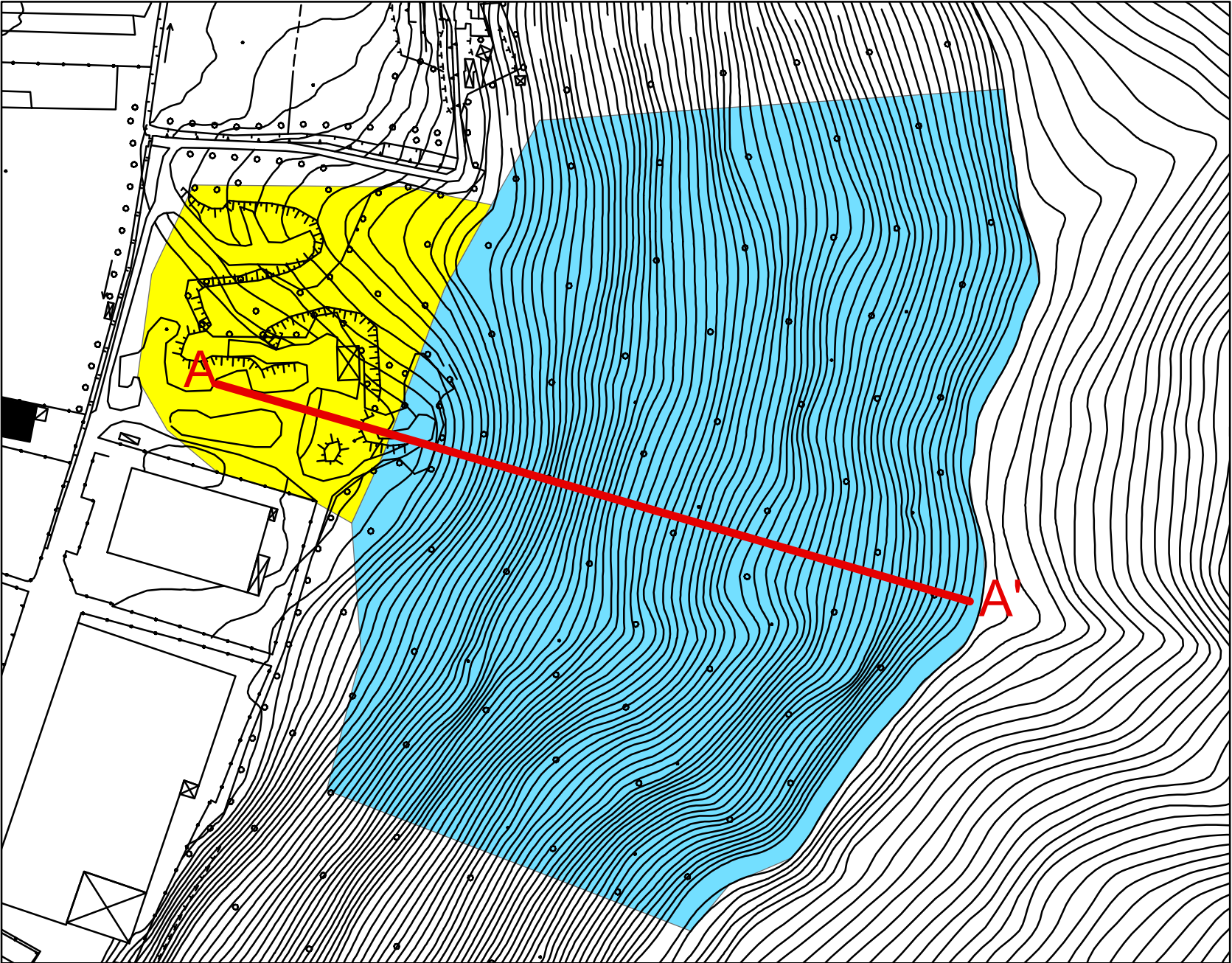
- Limite Comunale
 - Giacitura strato roccia (*) - (Granata '96)
 - Traccia della sezione geologica
 - Faglie presunte (Granata '96)
 - Cordone morenico
 - Accumuli di frana (strato: AF - sigla: fc, fr, pf)
 - Deposito fluviale-fluvioglaciale: cono di deiezione o delta lacustre (cd)
 - Cono detritico colonizzato (dc)
 - Cono detritico non colonizzato (dn)
 - Cono detritico parzialmente colonizzato (dp)
- Depositi Superficiali
- aa - Alluvione Attuale
 - ar - Alluvione Recente
 - at - Alluvione Antica Terrazzata
 - cf - Detrito cementato e crostoni di Falda
 - cl - Deposito Colluviale
 - dc - Cono/falda detritico colonizzato
 - dn - Cono/falda detritico non colonizzato
 - dp - Cono/falda detritico parzialmente colonizzato
 - ec - Deposito Eluvio-colluviale
 - el - Deposito Eluviale
 - fg - Deposito Fluvio-Glaciale
 - lc - Deposito Lacustre
 - mo - Deposito Morenico
- Substrato roccioso
- QZ - Quarzodirite orientata del monte Basetta ("Serizzo")
 - DP - Dolomie grigie e gialle frammurate a volte nodulari (Trias medio e sup.)
 - SC - Scisti sericitici chiari ("Servino" - Trias inf.)
 - AN - Anageniti verdastre (Permiano)
 - GM - Gneiss di Mantello: chiari, muscovitici e doritici a volte occhialinici (Sudalpino)
 - GT - Gneiss del Monte Tonale: gneiss e micascisti a due miche (Austroalpino)

CARTA DI INQUADRAMENTO GEMORFOLOGICO – DEI DISSESTI






LEGENDA	
●	Area di frana attiva non perimetrata (Fa)/Modifiche e integrazioni
●	Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)/Modifiche e integrazioni
—	Nicchia di frana attiva
—	Nicchia di frana non attiva
—	Orlo di scarpata - Attività non definita
—	Orlo di scarpata - Attiva
—	Orlo di scarpata - Non Attiva
Geolffri Frane lineari	
—	colamento "rapido" Attivo/inattivo/sospeso
—	colamento "rapido" Quiescente generico
Dissesti - Cartografia Regione Lombardia	
	Rischio idrogeologico molto elevato - FRANE: Zona 1
	Rischio idrogeologico molto elevato - FRANE: Zona 2
	Area a pericolosità molto elevata (Ee)/Modifiche e integrazioni
	Area di conoide attivo non protetta (Ca)/Modifiche e integrazioni
	Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)/Modifiche e integrazioni
	Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cm)/Modifiche e integrazioni
	Area di frana attiva (Fa)/Modifiche e integrazioni
	Area di frana quiescente (Fq)/Modifiche e integrazioni
	Area di frana stabilizzata (Fs)/Modifiche e integrazioni
Areae potenzialmente instabili	
	Faide o con di detrito in continua alimentazione
	Conoidi di delezione attivi
	Area con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite
	Area con substrato roccioso affiorante in condizioni di stabilità precaria
	Frane parzialmente stabilizzate
	Areae allagabili e alluvionabili
	Fenomeni di erosione per azione delle acque incanalate
Areae ad elevata instabilità con fenomeni franosi attivi	
	Areae soggette a movimento lento del suolo
	Areae potenzialmente interessate da traiettoria di caduta frane
	Areae interessate da segni premonitori di fenomeni franosi
	Areae franose
	Accumulo di materiale di frana attiva
	Nicchia di distacco di frana attiva
	Ambito a forte dinamismo - processi diffusi
	Cava - Cartografia geom ambientale
	Cave - Catasto Piano Cave Lombardia
	Conoidi
Geolffri Areae franose	
	Colamento rapido
	Complesso
	Crollo/Ribalamento
	Scivolamento rotazionale/traslattivo
	Areae soggette crolli franostati

CARTA DELLE AREE OMOGENEE

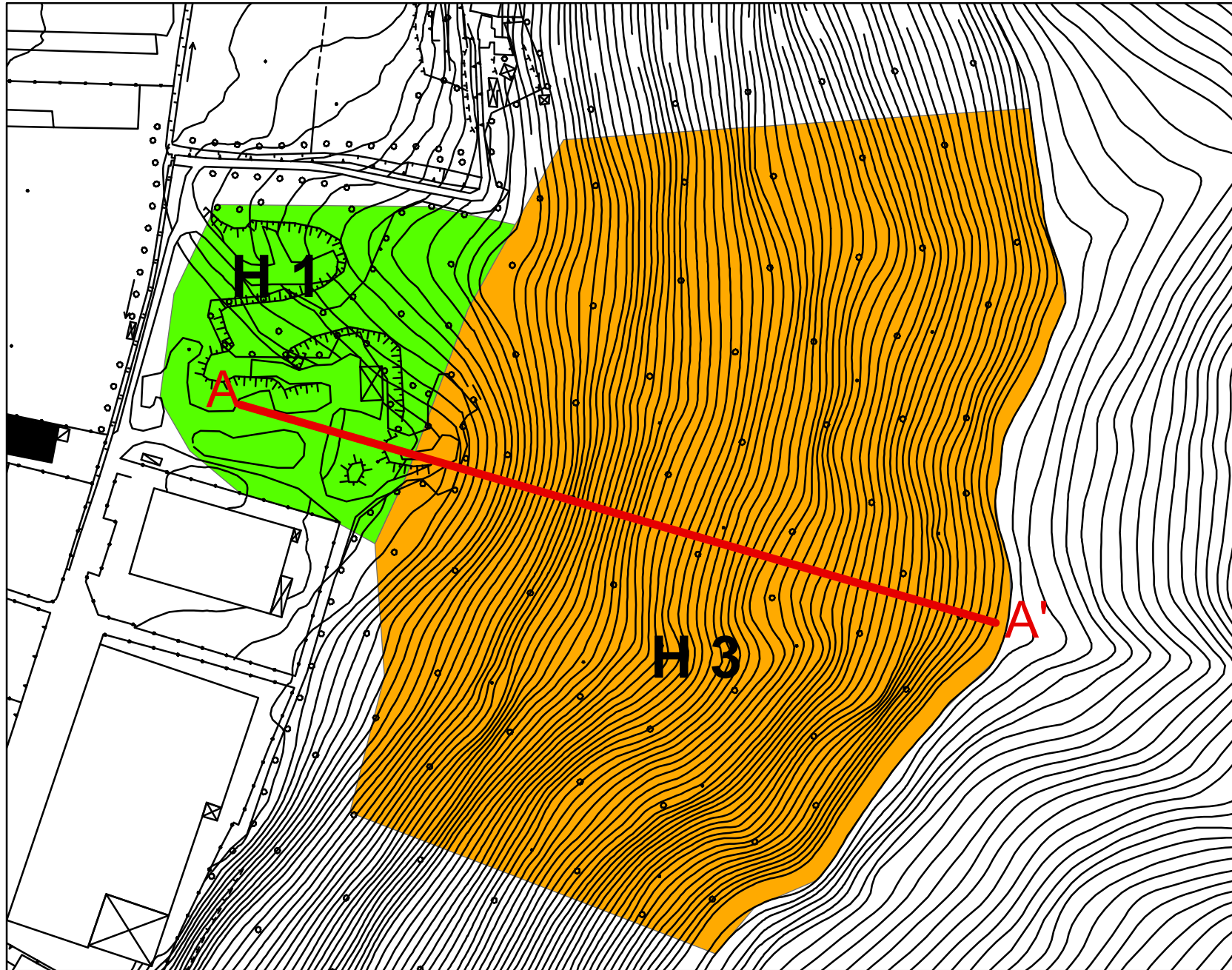


Legenda

-  **Area omogenea 1**
zona di versante montuoso
-  **Area omogenea 2**
zona di pianura
-  **Traccia sezione di verifica del pendio**

scala 1:2000

CARTA DELLA ZONAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITA'



Legenda

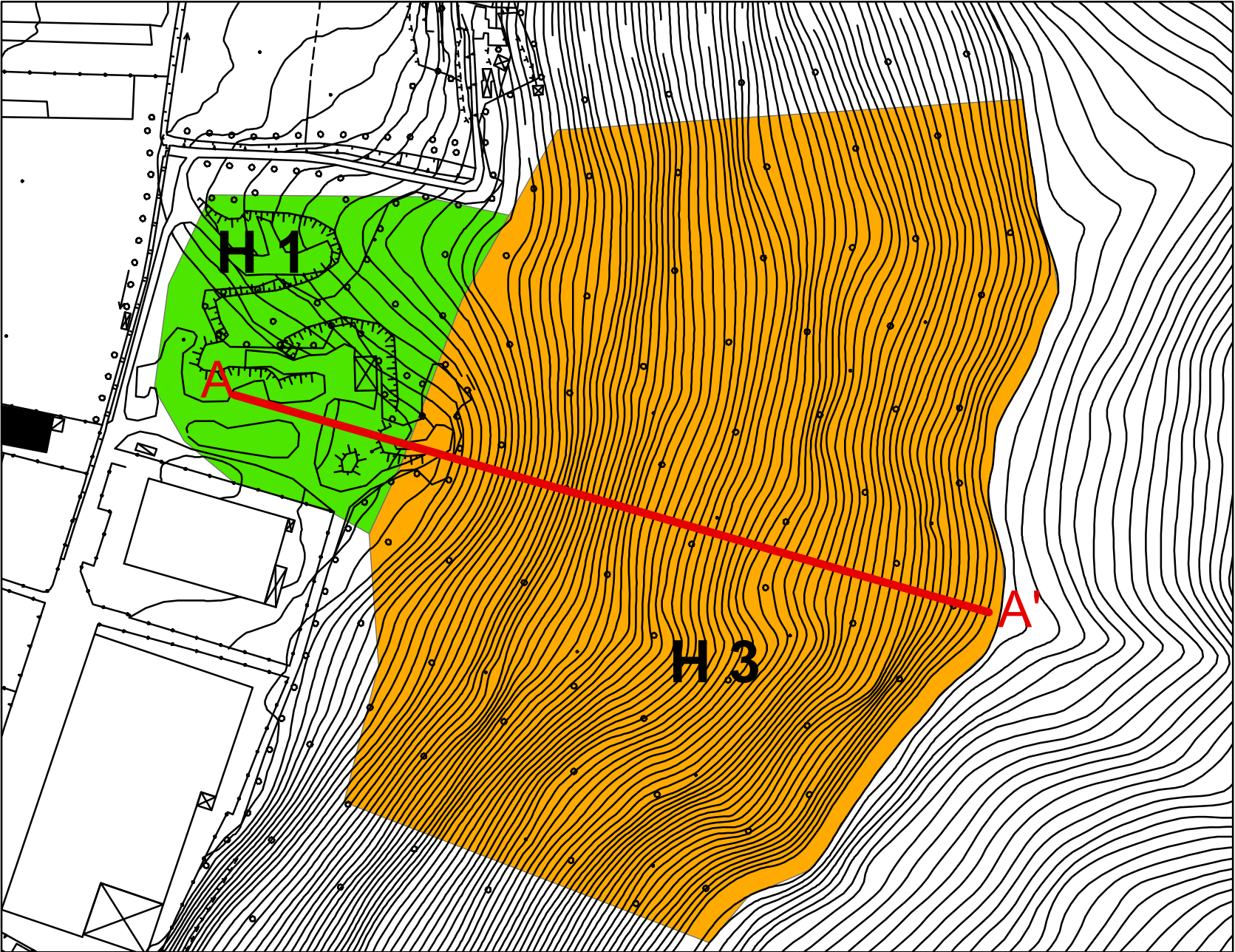
3 Pericolosità preliminare H3

1 Pericolosità preliminare H1

— Traccia sezione di verifica del pendio

scala 1:2000

CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE



Legenda

3 Pericolosità finale H3

1 Pericolosità finale H1

— Traccia sezione di verifica del pendio

scala 1:2000