

ING. GIACOMO DEL NERO
INGEGNERE CIVILE, AMBIENTALE ED EDILE
RSPP, CSP, CSE

*Edilizia
Strutture
Idraulica
Geotecnica, miniere, cave
Impianti
Progettazione e direzioni lavori
Coordinamento della Sicurezza
Certificazioni Energetiche
Perizie
Pianificazione*

Sede Legale: Via Venezia,1 54033 Marina di Carrara (MS)	Sede Operativa: Via Provinciale Carrara-Avenza, 34 54033 Carrara (MS)	tel. +39 0585.788459 cel. +39 327 3750954	e-mail: giacomo.delnero@gmail.com giacomo.delnero@ingpec.eu
--	---	--	--

Progetto:

VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE AI SENSI DELL'ART.23 COMMA 1 L.R.35/15 E S.M.I. CAVA N.94 VALBONA B - BACINO N°23 MISEGLIA -SCHEDA PIT/PPR N.15-COMUNE DI CARRARA (MS)

Titolo documento:

**PIANO DI GESTIONE DEI RAVANETI,
ANALISI DI STABILITA' DEI RAVANETI
ARTT.31, 32 NTA PABE SCHEDA 15: BACINI DI CARRARA**

Committente:	MARMI PREGIATI CARRARA SRL	
Località:	Comune/i:	Provincia:
CAVA N.94 VALBONA B BACINO N°3 MISEGLIA SCHEDA PIT/PPR N°15	CARRARA	MASSA CARRARA

Il Legale Rappresentante
Sig. Davide GIOVANETTI

Il Progettista
Dott. Ing. Giacomo DEL NERO

DICEMBRE 2024

RELAZIONE TECNICA	Tipologia	Numero	Pagine:	Denominazione file:	Allegati:
	GEO	22.005.00	15	studio ravaneti_cava94_piano24_dic24	Tavole Grafiche

SOMMARIO

SOMMARIO	2
1. PREMESSO	3
2. BASE CARTOGRAFICHE E TOLLERANZE	3
3. FORMAZIONE DEI RAVANETI.....	4
4. CLASSIFICAZIONE DEI RAVANETI	4
4.1. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	4
4.2. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15	8
5. STUDIO DI STABILITÀ	8
5.1. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE	8
5.1.1. <i>aree di stoccaggio temporanee</i>	8
5.1.1.1. granulometria	12
5.1.2. <i>stratigrafia e ricostruzione geotecnica</i>	12
5.2. PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI	13
5.2.1.1. ASSETTO IDROGEOLOGICO	14
5.3. ANALISI DI STABILITÀ DEL RAVANETO.....	15

1. PREMESSO

Su incarico della Società Apuana Marmi srl, con sede legale in Carrara (MS), è stato redatto il Piano di Gestione dei Ravaneti della Cava n.94 VALBONA B sita nel Bacino n.2 di Torano - Comune di Carrara (MS) ai sensi degli Artt. 31, 32 del Piano Attuativo di Bacino Estrattivo (PABE) Scheda PIT/PPR n.15: Bacini di Carrara redatto ai sensi dell'Art. 113 della L.R. 65/14 e del PIT/PPR ed approvato con Del.C.C. n.71 del 03.11.2020.

2. BASE CARTOGRAFICHE E TOLLERANZE

Allo scopo di rappresentare graficamente lo stato dei luoghi la Società ha provveduto a far eseguire un aggiornamento dello stato dei luoghi, mediante rilievo piano-altimetrico di dettaglio realizzato in ottemperanza degli OBBLIGHI INFORMATIVI CONNESSI ALL'ESERCIZIO DELL'ATTIVITÀ DI CAVA: Specifiche Tecniche degli Elaborati di Rilievo Tridimensionale ai sensi dell'Art.25 Comma 2bis L.R. 35/15 e s.m.i. (D.G.R. n.260 del 02.03.2020).

Si premette che fino all'anno 2020, ovvero anche successivamente alla presentazione del progetto autorizzato, la Società effettuava rilievi celerimetrici dotati di stazione puntuale di misura riferite a diverso sistema di riferimento rispetto all'EPGS3003 (Gauss Boaga fuso ovest) e basati principalmente sui punti quotati e noti della CTR2000 o CTR10'000. Oltre ai classici errori sistematici ed accidentali, che si commettono nella realizzazione di un rilievo topografico, si deve ricordare che le cartografie tecniche regionali sono dotate di tolleranze.

Le specifiche regionali **CARTOGRAFIA FOTOGRAFOMETRICA NUMERICA IN SCALA 1:2.000 PRESCRIZIONI TECNICHE** (approvato dalla Giunta regionale con deliberazione n. 7008 del 18.07.1994) al Capitolo 1, Art.2, Punto 2.2, Tolleranze in altimetria- Dai dati di collaudo definiscono le tolleranze della CTR2000.

Nello specifico del punto 2.2 si chiarisce:

- a) che lo scarto massimo "ths" tra la quota memorizzata in corrispondenza di un punto ben localizzato e individuabile e la quota dello stesso punto determinata sul terreno, con misurazioni di sufficiente precisione, non sia superiore a: **ths= 0,50 m**
- b) che lo scarto massimo "thg" tra la quota memorizzata in corrispondenza di una copertura di edificato e la quota dello stesso punto determinata sul terreno, con misurazioni di sufficiente precisione, non sia superiore a: **thg= 0,80 m**
- c) che lo scarto massimo "tcl" tra la quota di una linea di livello in terreno scoperto e la corrispondente quota determinata sul terreno, con misurazioni di sufficiente precisione, non sia superiore a: **tcl = 1,00 m**

Tali dati sono da intendersi sui punti di collaudo nei quali è ammesso che tali tolleranze vengano sforate in percentuale del 10%.

Altra considerazione deve essere fatta sulla natura dei punti quota utilizzati quali riferimenti che si collocano in ambiente montano e scarsamente urbanizzato caratterizzato da

zone con morfologie nelle quali una piccola variazione planimetrica dà luogo a evidenti differenze altimetriche.

Alla luce di questo, oltre che all'esperienza maturata negli anni, occorre valutare prudentemente i valori altimetrici presenti sulle CTR2000 e presupporre che non possano essere comparati con quelli derivanti da misurazioni satellitari GNSS con correzione di rete, dove le precisioni da noi impostate in fase di misurazione sono di 0.05m

3. FORMAZIONE DEI RAVANETI

Il ravaneto all'interno dell'area in disponibilità della Cava n.94 Valbona B è stato realizzato nel corso delle pregresse attività di coltivazione, quando ai sensi del Comma b) dell'Art.6 del Regolamento per la Concessione degli Agri Marmiferi Comunali di Carrara (DCC n.88/94 e DCRT n.115/95), ove "la zona di naturale compluvio denominata "fossa" può essere usata dalle cave frontiste come discarica di detriti di marmo e come zona di transito nei limiti e con le modalità previste dalla concessione e dai piani di coltivazione approvati. La sua manutenzione e la sua sicurezza fanno carico agli utenti."

A tal riguardo si è sviluppato un conoide detritico all'interno dell'impluvio del Fosso Valbona da Nord verso Sud. Il piano di coltivazione, ai sensi dell'Art.24 Comma 1 non prevede la formazione di nuove discariche di cava (ravaneti), ma esclusivamente zone di stoccaggio temporaneo del materiale derivato da taglio al fine di mantenere lo spazio sufficiente a garantire la sicurezza e la logistica all'interno dei cantieri attivi.

4. CLASSIFICAZIONE DEI RAVANETI

4.1. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Dal sottostante stralcio non in scala della Tav. 1-2.gm CARTA GEOMORFOLOGICA - Aggiornamento QC", stralcio Fig. 1, emerge che il ravaneto di Valbona è ascritto alla classe h3: "ravaneti: discariche di materiale di scarto delle cave. Oltre ai corpi detritici scaricati lungo in versanti di cava sono cartografati i depositi e/o i manufatti realizzati nel fondovalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità, etc...) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva".

La pericolosità geomorfologica è definita dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Appennino Settentrionale e dall'aggiornamento del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Carrara redatto ai sensi del DPGR 53/R del 25.10.2011" redatto dai Geologi Andrea Piccinini e Alberto Tomei (2017).

In Taqv2.gm il ravaneto interno all'area in disponibilità della Cava n.94 Valbona B è ascritto alla classe **G3a: "Pericolosità geomorfologica medio-elevata"** come il resto dell'ammasso roccioso nell'intorno.

A seguito dei numerosi sopralluoghi svolti nell'area nel corso degli anni, si è potuto osservare che nelle aree a Pericolosità Geomorfologica e Geologica, definite nelle cartografie tematiche, non si riscontrano nel comparto estrattivo e nel suo intorno significativo fenomeni di franosità in atto e/o in procinto di esserlo.

Il conoide detritico ove è collocata la viabilità di accesso al sito è un vecchio ravaneto che ricopre anche vecchie cave, quindi con superfici di appoggio anche complesse, formati dall'attività di scarico che nel tempo ha fatto assumere al conoide valori anche inferiori a quelli dell'angolo di natural riposo al deposito.

All'interno del progetto autorizzato si prevede comunque il completamento della strada di arroccamento in coordinamento con la Cava n.56, il cui sedime è già esistente. Tali interventi permetteranno un'intrinseca bonifica dei conoidi detritici al fine di ridurne l'acclività e migliorarne la stabilità a medio-lungo termine.

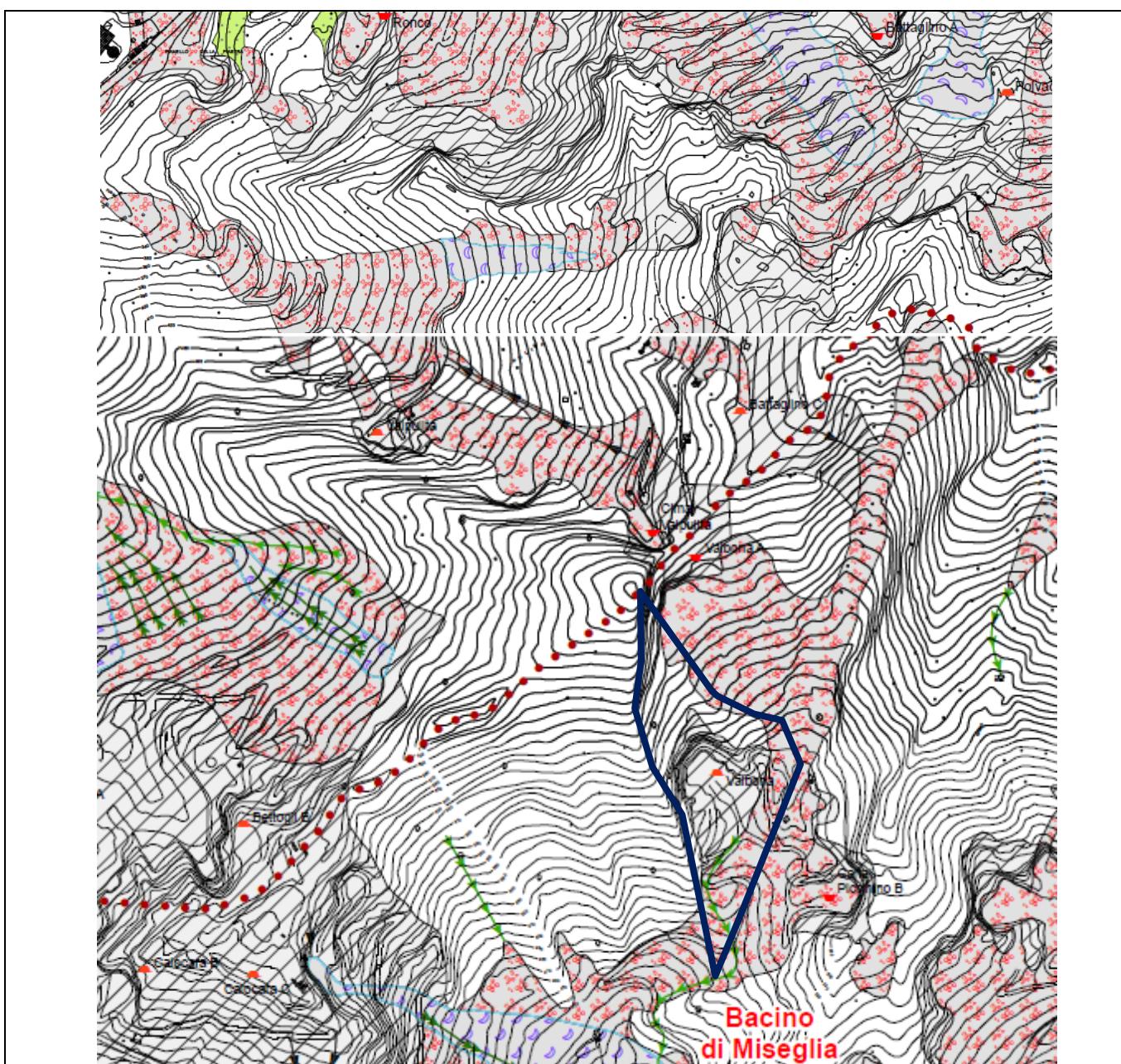


Figura 1: Stralcio non in scala di TAV.G.3.1: Carta Geomorfologica del PABE Scheda PIT/PPR n.14 con indicata AREA IN DISPONIBILITA' della Cava 94 (BLU).

LEGENDA

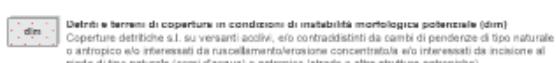
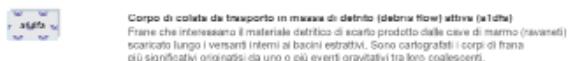
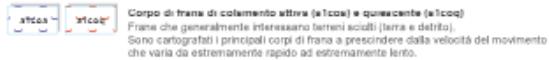
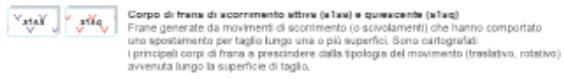
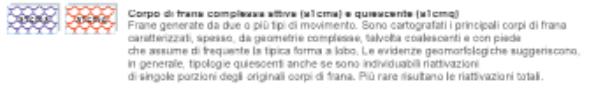


FORME DI VERSANTE, PROCESI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITÀ

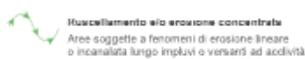
Forme di denudazione



Forme di accumulo e relativi depositi



FORME FLUVIALI, PROCESI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI



Forme di accumulo

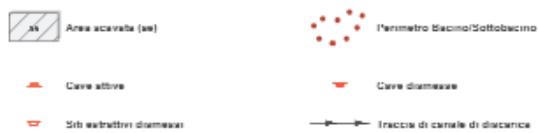


FORME, PROCESI E DEPOSITI DOVUTI ALL'UOMO E MANUFATTI

Forme e depositi artificiali



Cave (aggiornamento al 30/06/2018)



FORME CRIONIVALI



ELEMENTI GEOLOGICI

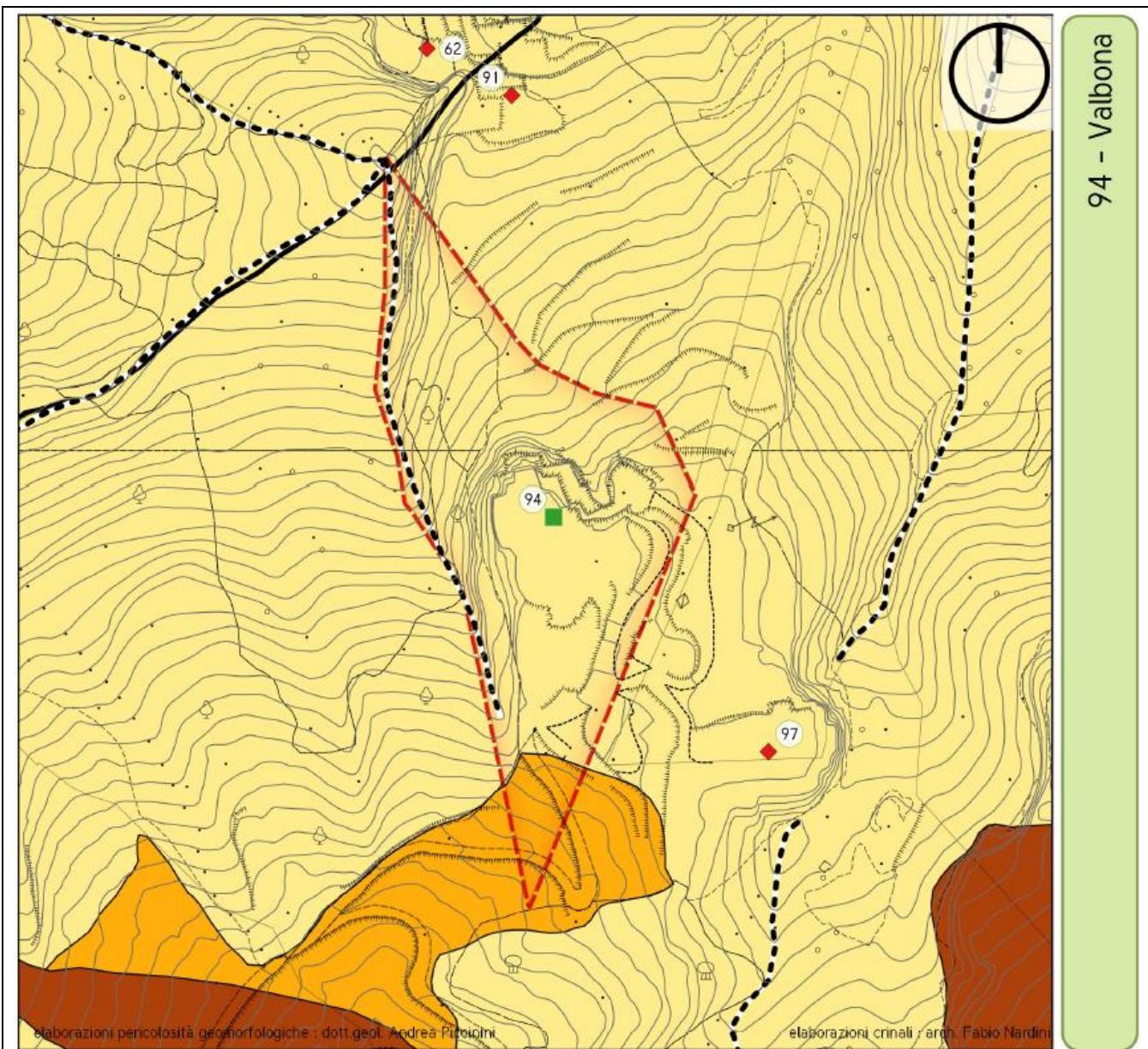
Depositi Quaternari



bmb: depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene);
dct: depositi alluvionali antichi cementati e terrazzati (Olocene-Pleistocene?)

Unità litostatografiche pre Quaternarie





Classe G.3a: Pericolosità medio-elevata

G.3a
Aree in cui necessita particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici per la presenza di elementi geomorfologici, litologici e glaciaristici dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto (arie di ambito collinare e montano). Vi ricadono i corpi detritici con pendenze superiori al 25% e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.

Classe G.3b: Pericolosità elevata

G.3b
Si applica la corrispondenza G.3b = P.F.E. (B.T.Nord) = PG3 e PG2 (B.F.Magra)
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con indizi di instabilità connessi alla glaciazione, all'accolvità, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di riuscimento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.t. In condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.

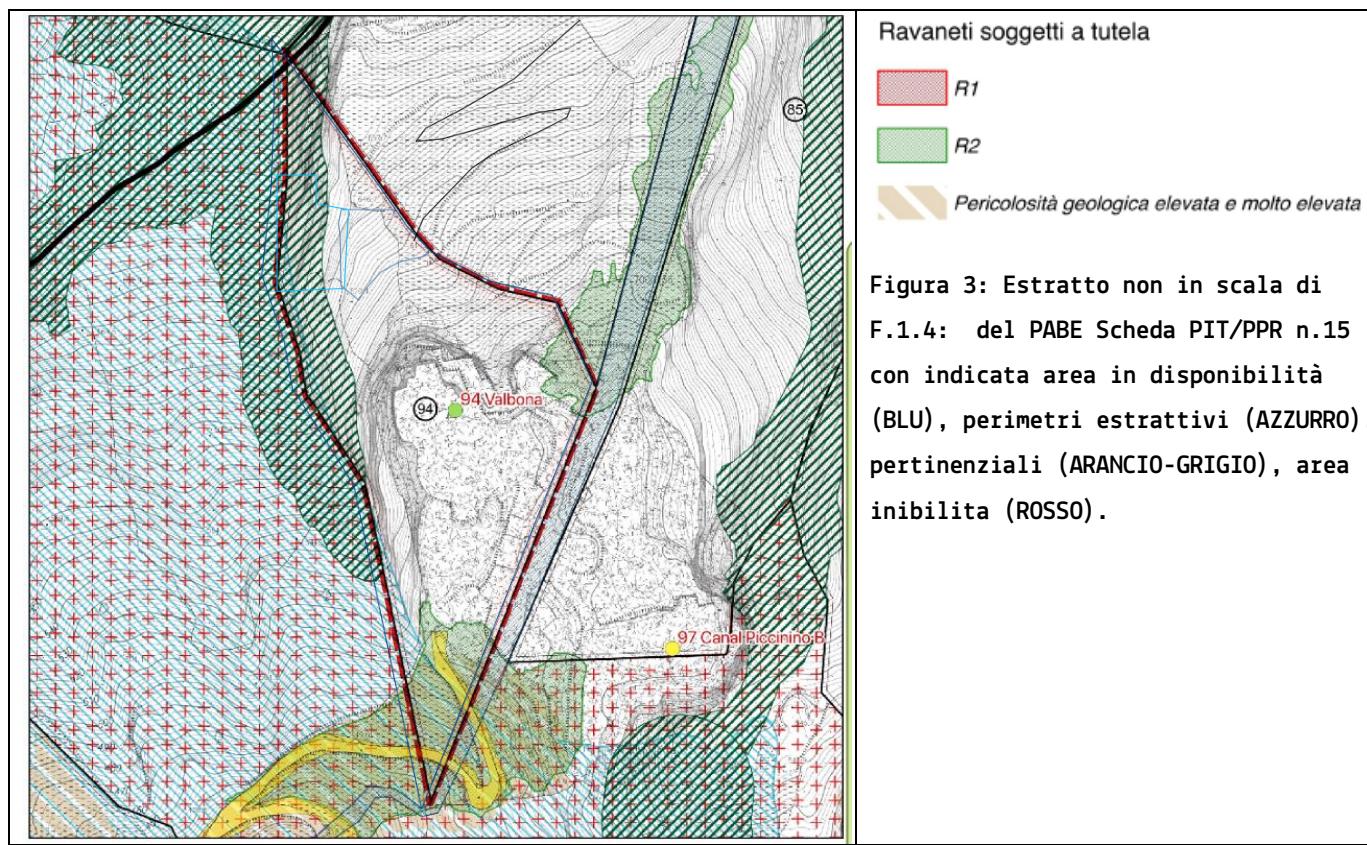
Classe G.4: Pericolosità molto elevata

G.4
Si applica la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. (B.T.Nord) = PG4 (B.F.Magra)
Aree in cui sono presenti fenomeni frangosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incandide di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi, le aree interessate da soliflussi e le aree che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici.

Figura 2: Stralcio non in scala della Tav2.gm Carta della Pericolosità Geologica: Aggiornamento del quadro conoscitivo geologico del Piano Strutturale ai sensi del DPGR 53/R del 25.10.2011

4.2. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15

Come illustrato al precedente sotto-capitolo, i ravaneti ed i depositi detritici sono ascritti in prevalenza alla pericolosità geologica medio-elevata, di cui la porzione di conoide che occupa l'impluvio del Fosso Valbona è ascritto alla tutela R2.



L'intervento comunque non andrà ad interferire con ravaneti tutelati.

5. STUDIO DI STABILITÀ

Il presente studio di stabilità riguarda i ravaneti all'interno dell'area in disponibilità della Cava n.94 Valbona B.

5.1. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE

5.1.1. AREE DI STOCCAGGIO TEMPORANEE

I "depositi di stoccaggio temporaneo di materiale detritico" sono costituiti in larga parte da elementi litoidi di varia pezzatura derivanti dalla coltivazione delle unità estrattive, e se ne deduce che la costituzione mineralogica degli stessi è quindi in larga parte assimilabile a quella del materiale ornamentale di prima produzione. Ne consegue, anche in virtù di una forte e sempre maggior sensibilizzazione sui temi ambientali, che i depositi detritici non costituiscono degli accumuli di "scarti" o "rifiuti" da avviare a discarica, ma bensì prodotti secondi della lavorazione del marmo che possono essere sfruttati, attraverso ulteriori trasformazioni, in svariate campi d'impiego.

A tal proposito si ricorda che i detti "depositi di stoccaggio" prodotti durante l'esecuzione del progetto saranno mantenuti sui piazzali di cava, dove saranno lavorati e

caricati per essere trasportati giornalmente agli impianti di prima lavorazione in cava, comprensivi di tutte le granulometrie, prodotte.

I ravaneti sono originati dall'accumulo di materiali di scarto derivanti dall'attività estrattiva, ed anche nel Sub-giacimento Valbona, come nel resto del comprensorio Apuano, si può riconoscere una stratificazione granulometrica dovuta all'avvicendarsi di tecniche e mezzi di lavorazione differenti nel corso del tempo.

In generale i ravaneti "antichi" e gli strati più profondi di quelli "moderni" sono costituiti da blocchi grossolani con scarsa matrice prodotti con le "varate da esplosivo", per lo più sabbiosa, seguiti da livelli a pezzatura uniforme (detti "testa d'uomo") tipici del periodo a cavallo tra l'800 ed il '900. Gli strati superficiali dei depositi "moderni" risultano invece costituiti da blocchi di dimensioni da centimetriche a metriche e da una grande quantità di materiale fine (limi), dovuto agli scarti derivanti dall'utilizzo dei nuovi mezzi meccanici a partire dagli anni '70 (filo diamantato).

A parziale conferma di quanto precedentemente indicato si riporta lo studio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (Prof. Geol. Baroni, 2019) su stralcio della Carta Tecnica Regionale 1:10'000 rappresentante la copertura vegetale sui ravaneti in Figura 5 e la tessitura/ossidazione delle superfici in Figura 6.

Osservando le forme di accumulo riportate si evince che il Ravaneto del "Fosso di Valbona" occupa la parte meridionale dell'area in disponibilità, si presenta per lo più in assenza di vegetazione con limitate aree a copertura arbustiva e tessitura da fine a grossolana in relazione all'avvicendarsi delle epoche di scarico, ossidato nella parte occidentale e non ossidato nella parte orientale.

Le condizioni di ossidazione/alterazione superficiale e la presenza di copertura vegetale possono rappresentare un segno inequivocabile delle condizioni di equilibrio dei depositi detritici.

Le aree stabili che presentano superfici alterate infatti, hanno assunto l'attuale conformazione da anni e pertanto è inteso che non abbiano superato l'equilibrio limite da quando sono stati messi in loco.

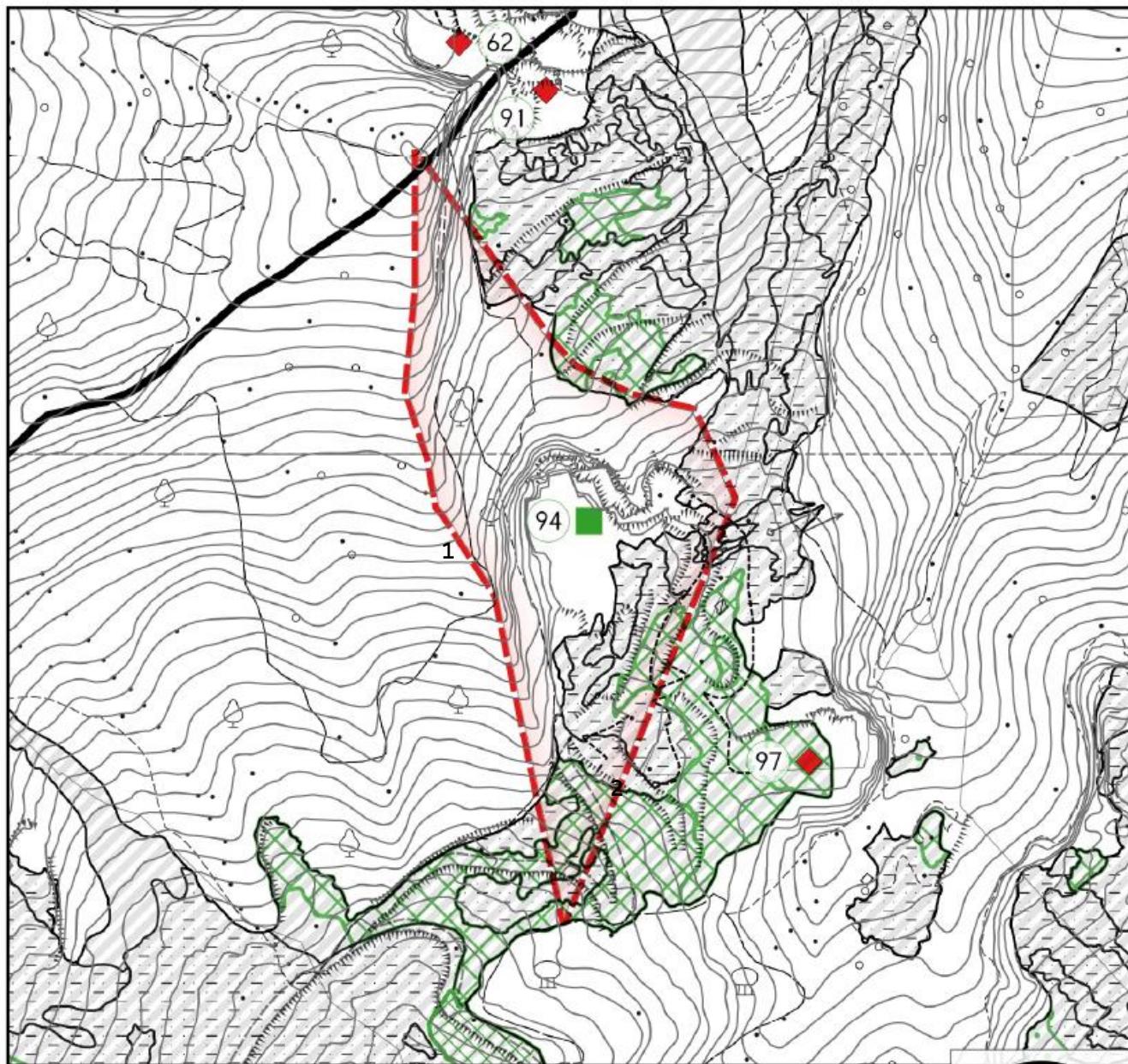
Le aree ove è attecchita vegetazione, ancora di più, sono un segnale della staticità del deposito ed il livello di stabilità aumenta con l'aumentare delle dimensioni della copertura vegetale presente (erbacea o arbustiva o addirittura arborea).

Le superfici prevalentemente ossidate e la presenza di coperture vegetali costituite per lo più da specie pioniere autoctone stanno ad indicare un'intrinseca stabilità dei conoidi che si è protratta nel tempo.

La presenza di una tessitura medio/grossolana indica invece una buona capacità di infiltrazione all'interno del corpo detritico altamente permeabile grazie alla presenza di vuoti tra gli elementi litoidi irregolari che lo costituiscono.

Ai fini di una corretta progettazione pianificatoria, ma soprattutto della sicurezza dei luoghi di lavoro, è imprescindibile garantire la stabilità di detti conoidi che sono stati, sono e saranno tra l'altro la sede della viabilità.

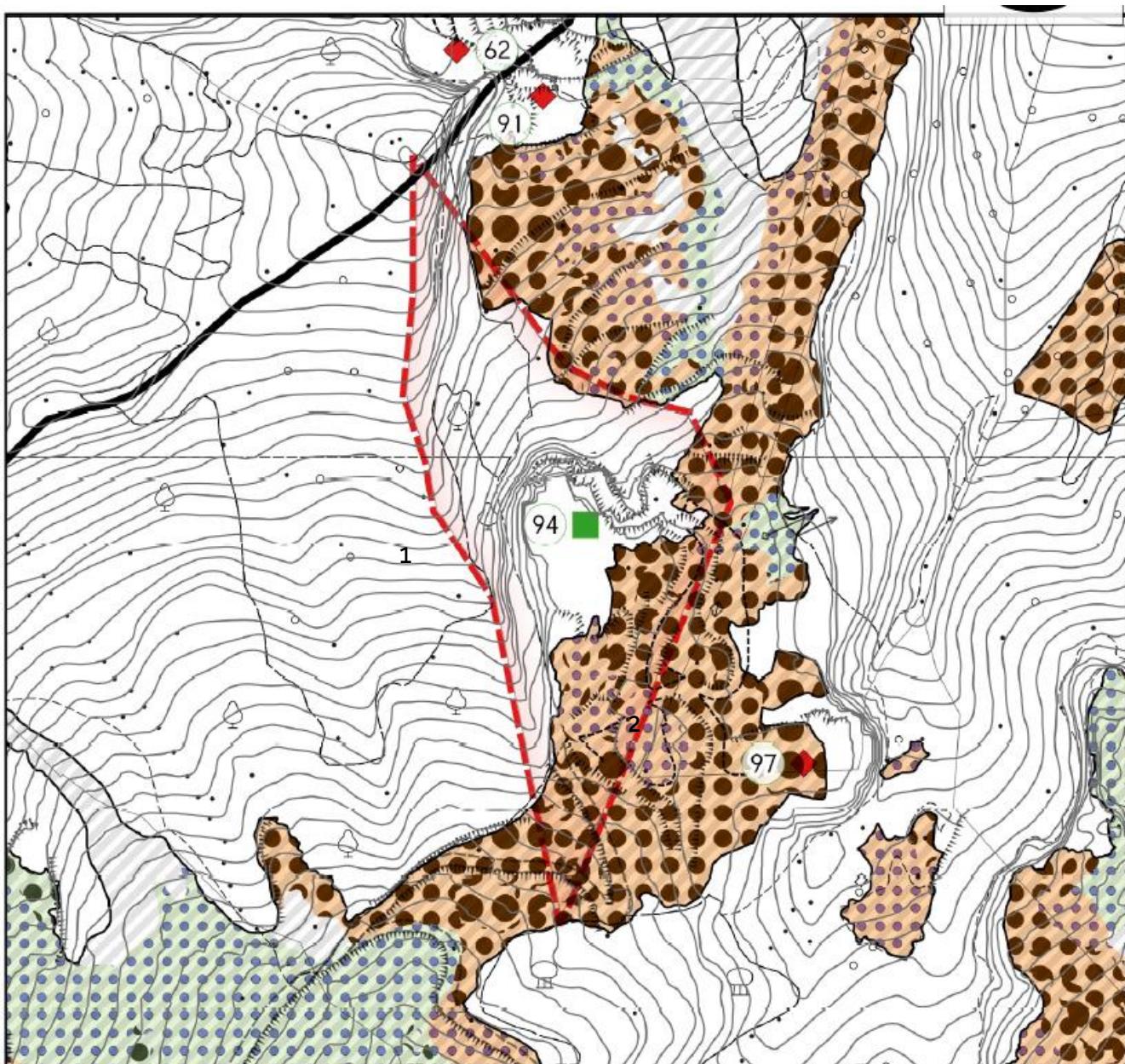
Allo scopo per il ravaneto di Valbona sono già state effettuate le opportune valutazioni in relazione alle attività già assentite che saranno previste anche nel presente progetto.



Legenda

-  ravaneto
- Ravaneti senza forme evidenti di dissesto copertura vegetazionale
-  Copertura arborea
-  Copertura arbustiva
-  Copertura erbacea
-  Assenza di vegetazione

Figura 4: Stralcio CTR 1:10'000, ravaneti senza forme evidenti di dissesto copertura vegetazionale Caratterizzazione dei ravaneti: allegato H cava 94 VALBONA B
PABE: SCHEDA N.15 BACINI DI CARRARA



Legenda

	ravaneto
Tessitura e Ossidazione della superficie	
	Fine
	Media
	Grossolana
	superficie non ossidata
	superficie ossidata

Figura 5: Stralcio CTR 1:10'000, tessitura e ossidazione della superficie Caratterizzazione dei ravaneti allegato H cava 94 VALBONA B
PABE: SCHEDA N.15 BACINI DI CARRARA

5.1.1.1.

GRANULOMETRIA

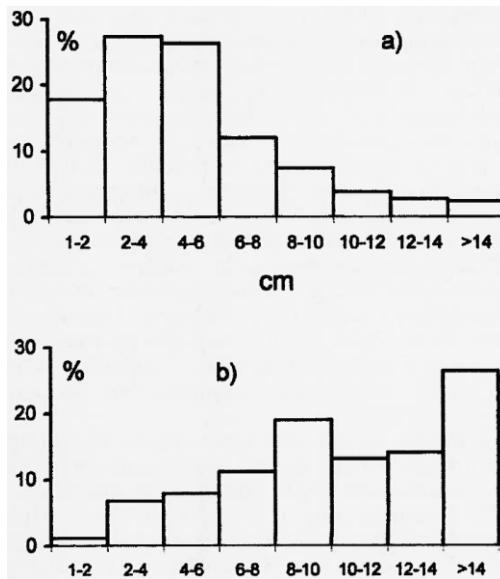


Figura 6: Granulometria della porzione avente $d>1$ cm per ravello "moderno" (a) ed "antichi" (b) (Baroni et al. 2000).

Ricerche a riguardo (Baroni et al. 2000), hanno permesso di evidenziare come nella tessitura superficiale ($d>1$ cm) dei ravello antichi prevalgono classi granulometriche maggiori ($d>8-10$ cm) rispetto a quanto osservato nei ravello moderni ($2 \text{ cm} < d < 6$ cm) come riportato in Figura 7. Ulteriori studi hanno evidenziato come la matrice dei depositi ($d<1$ cm) sia relativamente abbondante nei ravello moderni (40-50%) composta da sabbia e limi in proporzioni identiche; mentre i ravello antichi hanno invece un minor contenuto in matrice (inferiore al 30%) costituito prevalentemente da sabbia (68%).

In relazione all'osservazione dei ravello e dalla consultazione dei dati di bibliografia riguardanti antichi ravello risulta una prevalenza delle classi granulometriche "ciottoli" e "sabbia" su quelle più fini di "limo" e "argilla", per cui è stata scelta una curva granulometrica mediata riparametrizzata alle dimensioni della tessitura principale (massi e ciottoli).

CORPI DETRITICI POLVACCIO	Nome	% Ciottoli	% Ghiaia e Ciottoli	% Sabbia	% Limo	% Argilla
RAVANETO	MEDIA	30	25	20	15	10

Tabella 1: Percentuali granulometriche medie per il ravello "moderno" di oggetto di intervento (Nicolai, 2009).

5.1.2. STRATIGRAFIA E RICOSTRUZIONE GEOTECNICA

La variabilità degli spessori del ravello e l'andamento del substrato roccioso sono stati ricostruiti considerando la morfologia dell'ammasso roccioso a contorno e le condizioni note delle bancate e dei piazzali di cava sepolti durante le passate coltivazioni. Il bed-rock ad una profondità ridotta e compresa tra 0.0-10.0m sotto il conoide che è caratterizzato da spessori crescenti nella parte inferiore.

I litotipi sono stati suddivisi in due Unità Geotecniche:

Unità Geotecnica 1: è rappresentata dallo strato di detrito proveniente dall'attività antropica, dove gli elementi hanno ampia variabilità granulometria; si passa da elementi litoidi con volume $V>1\text{m}^3$ ad altri di dimensione centimetrica, il tutto contenuto in una frazione sabbioso-limosa. Dall'osservazione emerge che:

- la distribuzione degli elementi litoidi di maggiore dimensione è casuale, anche se il deposito possiede una leggera "stratificazione" di conoide marcata dagli elementi di minor dimensioni e connessa con l'attività di scarico;
- la gran massa del detrito litoide è costituita da scaglie di dimensione da decimetrica a centimetrica, in quanto il ravello è un deposito antico risalente al tempo in cui i

ritagli di scarto venivano spaccati manualmente per essere trasportati in discarica con i vagoncini. Sotto il profilo geotecnico il ravaneto potrebbe essere assimilato ad un deposito di falda od ad un deposito alluvionale scarsamente rimaneggiato e poco classato, costituito da una ghiaia poco classata immersa in una matrice sabbioso-limosa.

Unità Geotecnica 2: è rappresentata dal substrato roccioso costituito dalla Formazione dei Marmi s.s..

5.2. PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI

Ravaneto od Unità geotecnica 1

Premesso che i ravaneti sono originati dall'accumulo di materiali di scarto derivanti dall'attività estrattiva, nel comprensorio apuano, e specificatamente in quello carrarese, si possono riconoscere prevalentemente due differenti tipologie di discariche, in base alla dimensione dei frammenti litoidi e alla loro età di realizzazione.

In particolare è possibile riconoscere:

- le "vecchie discariche", costituite prima dell'avvento dei mezzi di movimentazione in cava, dove la maggior parte dei frammenti litoidi sono costituiti da scaglie con dimensioni da decimetriche a centimetriche, immerse in una matrice sabbioso-limosa, anche se possono trovarsi ritagli marmorei con volumi $>1\text{ mc}$. Le scaglie erano il risultato della frammentazione manuale dei ritagli di maggiori dimensioni, operazione necessaria al fine di caricare i vagoncini utilizzati nel trasporto dello scarto alla discarica. Generalmente detti conoidi presentano una "stratificazione" corrispondente alla direzione di avvenuto scarico, Foto 1;
- le "nuove discariche", costituite dopo l'avvento dei mezzi di movimentazione, dove le dimensioni del materiale sono molto variabili, passando dalle centimetriche a volumi di qualche metro cubo, ($1\div4\text{ mc}$). La possibilità di trasporto dello scarto mediante questi mezzi meccanici ha determinato una maggiore presenza di questi grandi volumi rispetto alle "vecchie discariche".

Caratteristico degli accumuli di frammenti litoidi disordinati, in quanto scaricati in maniera casuale, è il fenomeno dell'interlocking, dove a causa delle grandi dimensioni (da centimetriche/decimetriche a metriche) degli elementi costitutivi diventa sicuramente fondamentale, ai fini della resistenza al taglio, il contributo dovuto al mutuo incastro tra i frammenti litoidi, ovviamente permanendo l'effetto di resistenza all'attrito dovuta all'angolo di natural declivio del materiale.

In considerazione della natura e origine in detti depositi la loro caratterizzazione geotecnica non può avvenire seguendo le normali procedure geotecniche utilizzate per i terreni, in quanto:

- le indagini in situ mediante l'esecuzione di prove penetrometriche è impedita dalla dimensione dei frammenti, l'infissione delle aste potrebbe al massimo penetrare per qualche centimetro, senza fornire di fatto dati utilizzabili;

- il prelievo di campioni indisturbati risulta impossibilitato, perché la natura stessa del materiale fa sì che durante l'operazione si determini la perdita del fattore coesivo all'interno del materiale campionato
 - le condizioni morfologiche, generalmente, non consentono l'esecuzione di indagini sismiche.

Al fine di procedere alla caratterizzazione geotecnica (essenzialmente la determinazione dell'angolo di attrito ϕ) dei ravaneti si può procedere mediante metodi indiretti, quali:

- analisi della cartografia dei depositi detritici mediante la ricostruzione degli angoli di naturale declivio, generalmente compresi tra 35° - 65° ;
 - ricerca dati bibliografici, come la stima di Lambe e Withman (Soil Mechanics, 1969) che per sabbie e ghiaie aventi particelle a spigoli vivi ed elevata densità relativa attribuiscono all'angolo di attrito il valore di 48° .

Da quanto emerso si presuppone che il ravaneto di studio possa avere un peso specifico secco mediato di 2.0 ton/mc e saturo di circa 2.25 ton/mc, nonché un angolo di attrito caratteristico di 45° e valore della coesione= 0.

Substrato roccioso od Unità geotecnica 2

Al fine di caratterizzare il substrato roccioso sono stati utilizzati i parametri determinati con gli studi geologico-strutturali facente parte integrante al progetto di coltivazione e specificatamente:

- peso specifico dell'ammasso roccioso γ $\gamma = 2.7 \text{ ton/mc};$
 - coesione generale $c = 5.7 \text{ MPa};$
 - angolo di attrito $\Phi = 32.5^\circ$

5.2.1.1. ASSETTO IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico si riconoscono due domini caratterizzati da differente tipo di permeabilità:

- il dominio permeabile per porosità o primaria, costituito dal deposito detritico, assimilabile ad un deposito torrentizio scarsamente rimaneggiato e poco classato, può essere ascritto alla classe di permeabilità primaria di alto grado, $K>10^{-2}$, nei tratti ghiaiosi, dove predominano le scaglie, e medio-alto grado, $10^{-3}<K<10^{-2}$, dove la matrice sabbiosa aumenta fino al ripartirsi equamente con le scaglie, (valori di bibliografia ricavati da "Prospezioni idrogeologiche" Volume I del Prof. Pietro Celico);
 - il dominio permeabile per fratturazione e carsismo, costituito dal substrato marmoreo, può essere ascritto alla classe di permeabilità secondaria con "grado alto", dove l'infiltrazione all'interno della roccia è dovuta alla fratturazione e carsismo, anche se localmente predomina la prima. Il carsismo è un fenomeno naturale che si sviluppa all'interno delle rocce calcaree e dolomitiche; è più attivo nei calcari che nelle dolomie, perché la dolomite è caratterizzata da una velocità di dissoluzione molto inferiore a quella del carbonato di calcio. Il carsismo si manifesta maggiormente tanto è più pura e diffusa la componente calcitica.

Con riferimento alla classe ed al grado di permeabilità posseduto dai litotipi costituenti i due domini sopra definiti, si può distinguere nelle 2 sezioni:

- una circolazione sotterranea le cui acque si infiltrano direttamente negli affioramenti marmorei seguendo le vie preferenziali di fratturazione e/o carsismo;
- una circolazione sotterranea più superficiale che si infiltrà all'interno del materiale detritico e che successivamente percola direttamente del substrato più permeabile andando ad alimentare una falda acquifera molto profonda.

In una successione idrogeologica come quella descritta, in cui il grado di permeabilità del litotipo varia tra "grado alto per fratturazione e carsismo" (Substrato) e "grado alto e/o medio-alto per porosità" (Ravaneto), si può asserire che non esistono le condizioni idrogeologiche e geometriche affinché si possano creare superfici impermeabili coincidenti con il limite ravaneto/substrato o interne al deposito detritico, generando la formazione di falde freatiche nel primo caso o di falde sospese nel secondo.

Sotto il profilo idrogeologico, in teoria, potrebbe esistere la possibilità che si generi una falda freatica all'interno del ravaneto, a causa della differenza del grado di permeabilità, connessa con la locale concentrazione della frazione sabbioso-limosa rispetto al litotipo ghiaioso/scagliosa. Però tale evento richiederebbe la continuità areale del livello sabbioso-limoso, a minor permeabilità, nel ravaneto od almeno in una parte estesa di esso, cosa non plausibile a causa della caoticità di versamento che caratterizza questo tipo di discariche e specificatamente questo ravaneto dove la messa a dimora delle scaglie, prodotte principalmente per spacco manuale, avveniva scaricando i piccoli vagoni allora in uso nelle cave di Carrara.

Sotto il profilo geometrico l'assenza di una falda freatica al contatto ravaneto/substrato è confermata dalla mancanza di scaturigini sia all'interno del Ravaneto di Valbona che delle aree demaniale limitrofa.

5.3. ANALISI DI STABILITÀ DEL RAVANETO

Il Ravaneto di Valbona non sarà soggetto ad alcun intervento in variante e permangono valide le valutazioni di stabilità relativi agli interventi già assentiti.

Sulla base di quanto sopra esposto si può asserire che all'interno del deposito non si forma una falda freatica e che l'acqua che s'infiltra percola, seguendo la verticale, fino ad alimentare la falda profonda interna al substrato marmoreo e collocata a notevole profondità.

Carrara 03.12.2024

Il Tecnico

Dott. Ing. Giacomo DEL NERO