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.11 FAGGETA BACINO N°1 PESCINA BOCCANAGLIA -SCHEDA PIT/PPR N.14-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: **LAVORAZIONI ARTIGINALI VENTURINI SRLS**

Località:	*Comune/i:*	*Provincia:*
CAVA N.11 FAGGETA BACINO N°1 PESCINA BOCCANAGLIA SCHEDA PIT/PPR N°14	CARRARA	MASSA CARRARA

Il Legale Rappresentate	Il Progettista
Sig. Emanuele VENTURINI	Dott. Ing. Giacomo DEL NERO

LAV SRLS
Datore di Lavoro
P. iva e Cod. Fiscale 01525150458

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MASSA CARRARA
Giacomo Del Nero
SEZIONE A N° 917
Ingegnere civile ambientale ed edile

APRILE 2022

SOMMARIO

SOMMARIO **2**

1. PREMESSA **3**

2. BASE CARTOGRAFICHE E TOLLERANZE **3**

3. FORMAZIONE DEI RAVANETI **4**

4. CLASSIFICAZIONE DEL RAVANETO DI PORCINACCHIA **4**

4.1. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA 4
4.2. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15 8
4.3. INTERVENTI PREVISTI NEL PERIODO DI COLTIVAZIONE 10

5. STUDIO DI STABILITÀ **11**

5.1. METODOLOGIA 11
5.2. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE 11
5.2.1. osservazioni preliminari *11*
5.2.2. caratteristiche geometriche e geotecniche *16*
5.2.2.1. granulometria 16
5.2.3. stratigrafia e ricostruzione geotecnica *17*
5.2.4. parametri geotecnici dei litotipi *17*
5.2.4.1. Ravaneto od Unità geotecnica 1 17
5.2.4.2. Substrato roccioso od Unità geotecnica 2 18
5.2.4.3. ASSETTO IDROGEOLOGICO 18
5.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA 20
5.3.1. azioni *20*
5.3.1.1. caratterizzazione delle azioni 20
5.3.1.2. combinazione delle azioni 20
5.3.2. verifiche agli stati limite ultimi (SLU) *21*
5.3.2.1. azioni 21
5.3.3. parametri geotecnici e resistenze *22*
5.3.3.1. versante in materiale detritico (ravaneto) 22
5.3.4. azioni dovute al sisma *22*
5.3.4.1. vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento dell'opera 22
5.3.4.2. tempo di ritorno del sisma 22
5.3.4.3. categoria di sottosuolo 23
5.3.4.3.1. ammasso roccioso 23
5.3.4.3.2. versante in materiale detritico (ravaneto) 23
5.3.4.4. condizioni topografiche 24
5.3.4.5. valutazione dell'azione sismica 24
5.3.5. valori di calcolo *25*
5.3.6. considerazioni relative alla stabilità del ravaneto *26*

6. LINEE GUIDA IN MATERIA DI RAVANETI DEL PARCO APUANE) **27**

6.1.1. linee guida del parco in materia di ravaneti *27*
6.1.1.1. carta geomorfologica dei ravaneti 27
6.1.1.2. carta per la pianificazione della gestione 29
6.1.2. approfondimenti ed accertamenti *30*
6.1.2.1. previsioni della pianificazione vigente 31
6.1.3. osservazione diretta in sito *32*
6.1.4. note conclusive *32*

1. PREMESSA

Su incarico della LAV SRLS, con sede legale in Carrara (MS), è stato redatto il Piano di Gestione dei Ravaneti (Artt.24, 25 del PABE Scheda pit/ppr : Bacini di Carrara) della Cava n.11 Faggeta (Art.4 DPGR 72/R e Art.23 Comma 1 L.R. 35/15) sita nella Scheda n.14 PIT/PPR Pescina-Piscinicchi-Boccanaglia Bassa, nel Bacino n.1 di Pescina Boccanaglia - Comune di Carrara (MS) ai sensi dei Piani Attuativi di Bacino Estrattivo (PABE) Scheda n.14 redatti ai sensi dell'Art. 113 della L.R. 65/14 e del PIT/PPR ed approvato con Del.C.C. n.68 del 03.11.2021.

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 plano-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 FOTOGRAMMETRICA 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.11 Faggeta 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 Canale di Porcinacchia ove è collocata anche la viabilità di arroccamento.

Il nuovo 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 DEL RAVANETO DI PORCINACCHIA

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 Porcinacchia 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.*" Tale deposito coincide in larga misura con l'area ascritta alla classe di pericolosità G3b:
- la zona coltivata del Canale ed apicale è ascritta alla classe AE "area scavata".

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 ove è collocata la viabilità di arroccamento a servizio della Cava 11 è costituito da un unico corpo detritico, che rimane suddiviso in:

- classe **G3b: Pericolosità geomorfologica elevata":** anche parte dell'ammasso roccioso all'interno dell'impluvio "artificiale" del Canale di Porcinacchia;

- classe **G3a: "Pericolosità geomorfologica medio-elevata":**, per il resto dell'ammasso roccioso nell'intorno.

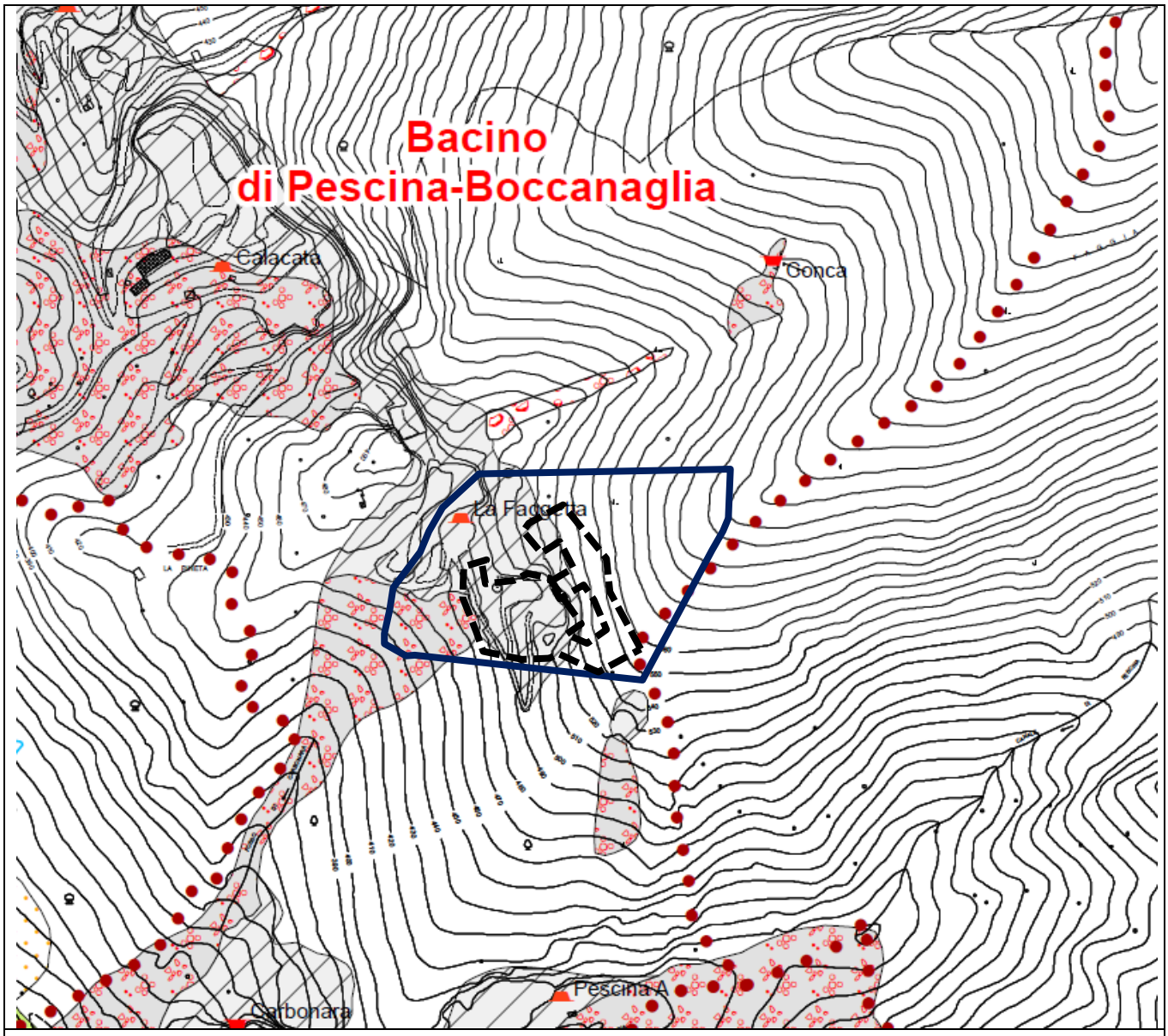


Figura 1: Stralcio non in scala di TAV.G.3.1: Carta Geomorfologica del PABE Scheda PIT/PPR n.14 con indicata AREA IN DISPONIBILITA' della Cava 11 (BLU) e PERIMETRO ESTRATTIVO (NERO).

LEGENDA

Limite amministrativo del Comune di Carrara

FORME DI VERSANTE, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITA'

Forme di denudazione

Orlo di scarpata di degradazione o di erosione
Sono cartografati i principali orli di scarpata naturale

Orlo di scarpata di frana
Sono cartografate le principali nicchie di frana indipendentemente dal loro stato di attività

Forme di accumulo e relativi depositi

Corpo di frana complessa attiva (a1cma) e quiescente (a1cmq)
Frane generate da due o più tipi di movimento. Sono cartografati i principali corpi di frana caratterizzati, spesso, da geometrie complesse, talvolta coalescenti e con piede che assume di frequente la tipica forma a lobo. Le evidenze geomorfologiche suggeriscono, in generale, tipologie quiescenti anche se sono individuabili riattivazioni di singole porzioni degli originali corpi di frana. Più rare risultano le riattivazioni totali.

Corpo di frana di scorrimento attiva (a1sa) e quiescente (a1sq)
Frane generate da movimenti di scorrimento (o scivolamenti) che hanno comportato uno spostamento per taglio lungo una o più superfici. Sono cartografati i principali corpi di frana a prescindere dalla tipologia del movimento (traslativo, rotativo) avvenuta lungo la superficie di taglio.

Corpo di frana di colamento attiva (a1coa) e quiescente (a1coq)
Frane che generalmente interessano terreni sciolti (terra e detrito). Sono cartografati i principali corpi di frana a prescindere dalla velocità del movimento che varia da estremamente rapido ad estremamente lento.

Corpo di colata da trasporto in massa di detrito (debris flow) attiva (a1dfa)
Frane che interessano il materiale detritico di scarto prodotto dalle cave di marmo (ravaneti) scaricato lungo i versanti interni ai bacini estrattivi. Sono cartografati i corpi di frana più significativi originatisi da uno o più eventi gravitativi tra loro coalescenti.

Corpo di frana di crollo o ribaltamento attiva (a1ca) e quiescente (a1cq)
Frane generate da fenomeni che comprendono la caduta libera, il ribaltamento, il movimento a salti e rimbalzi e il rotolamento di frammenti di roccia e/o di terreno sciolto.

Corpo di frana o settore di versante oggetto di recenti interventi di sistemazione idro-geomorfologica (Vei)

Detrito incanalato (di)
Depositi detritici generati per gravità nei torrenti montani. Tali depositi presentano una genesi gravitativa di tipo naturale e/o antropica (detriti di versante s.l. mescolati a scarti eterometrici derivanti dalla lavorazione delle cave di marmo)

Detriti di falda (a3a)
Falde di detrito, talus detritici, coni di detrito singoli o coalescenti anche a grossi blocchi, prevalentemente al piede di versanti caratterizzati da roccia nuda o da coperture limitate, "pietraie"

Detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale (dim)
Coperture detritiche s.l. su versanti acclivi, e/o contraddistinti da cambi di pendenze di tipo naturale o antropico e/o interessati da ruscellamento/erosione concentrata/o e/o interessati da incisione al piede di tipo naturale (corsi d'acqua) o antropico (strade o altre strutture antropiche)

Detrito di versante s.l./depositi eluvio-colluviali (as)
Accumuli indifferenziati di frammenti litoidi eterometrici che originano coperture detritiche d'alterazione in matrice argillo-limo-sabbiosa. Sono cartografate le principali coperture detritiche s.l. con spessori superiori ad 1,5/2 metri caratterizzanti per lo più le formazioni di natura scistoso filladica.

FORME FLUVIALI, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo attivo (a), inattivo (b) e documentato su base morfologica e/o storica (c)

Canale di debris flow

Tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati e/o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dia)

Ruscellamento diffuso

Ruscellamento e/o erosione concentrata
Aree soggette a fenomeni di erosione lineare o incanalata lungo impluvi o versanti ad acclività medio-alta spesso associate a solchi di erosione.

Forme di accumulo

Conoide alluvionale di deiezione olocenica

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI

Forme e depositi artificiali

Terreni di riporto (h5)

Ravaneti (h3)
Discariche di materiale di scarto delle cave. Oltre ai corpi detritici scaricati lungo i versanti di cava sono cartografati i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc....) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.

Cave (aggiornamento al 30/06/2018)

Area scavata (ae)

Perimetro Bacino/Sottobacino

Cave attive

Cave dismesse

Siti estrattivi dismessi

Traccia di canale di discarica

FORME CRIONIVALI

Orlo di nicchia di nivazione

ELEMENTI GEOLOGICI

Depositi Quaternari

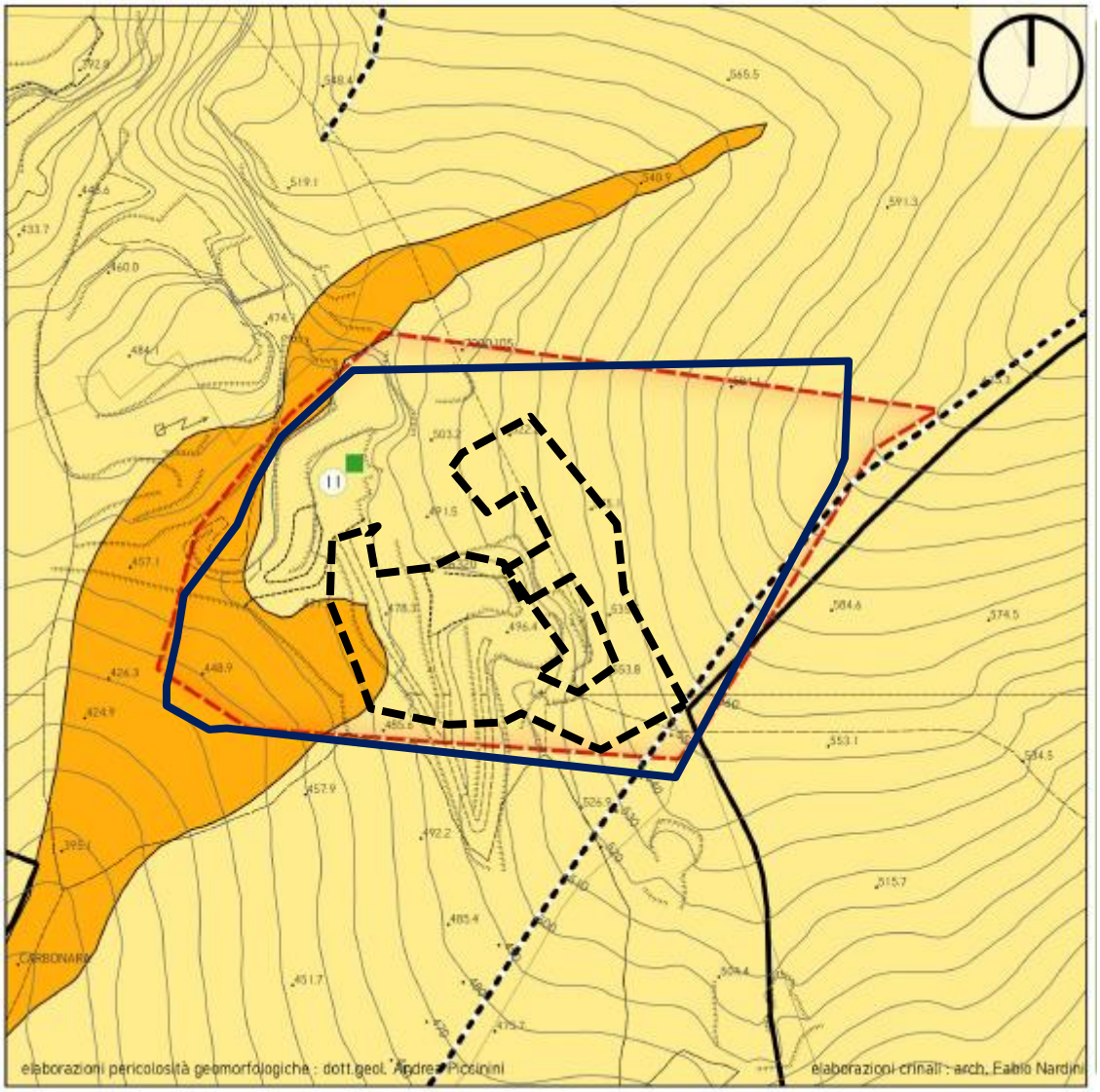
bna: depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene);
dct: depositi alluvionali antichi cementati e terrazzati (Olocene-Pleistocene?)

Unità litostratigrafiche pre Quaternarie

Roccia affiorante o sub-affiorante

Il ravaneto ove è ubicata la viabilità presenta segni di ossidazione ad evidenziare il raggiungimento di una stabilità interna tale da permetterne da decenni l'assenza di cinematismi. Per quanto concerne le aree ascritte alla classe G3b nel settore orientale, queste coincidono con piazzali rocciosi precedentemente coltivati in prossimità dell'impluvio del Canale Porcinacchia praticamente sempre in secca e ad aree attualmente utilizzate per lo stoccaggio temporale del materiale derivato.

Tutti i corpi detritici sono stati realizzati durante le passate attività estrattive (ravaneti), ed il Canale di Porcinacchia, ai sensi dell'Art.6 Comma b) dell'ex Regolamento Comunale degli Agri Marmiferi, era adibito a zona di scarico e prelievo del residuo della lavorazione del monte.



pericolosità geologica
geomorfologica (Del. C.C. n. 37/2019)

G.3a

G.3b

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 con indicato SITO ESTRATTIVO della Cava n.11 (in blu) e PERIMETRON ESTRATTIVO (in nero).

4.2. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15

Come illustrato al precedente sotto-capitolo, i ravaneti ed i depositi detritici sono ascritti alla pericolosità geologica da medio-elevata a molto elevata, di cui:

- La porzione di conoide che occupa l'impluvio del Canale di Porcinacchia/Fosso Carbonara sotto q.460.0m s.l.m. è ascritta alla classe R1 (in rosso) e sono ammesse esclusivamente interventi di riqualificazione ambientale, paesaggistica, consolidamento, regimazione idraulica e opere infrastrutturali;
- La rimanente parte del deposito detritico sopra q.460.0m s.l.m. non è tutelata ed è consentita l'asportazione finalizzata alla messa in sicurezza/miglioramento ambientale.

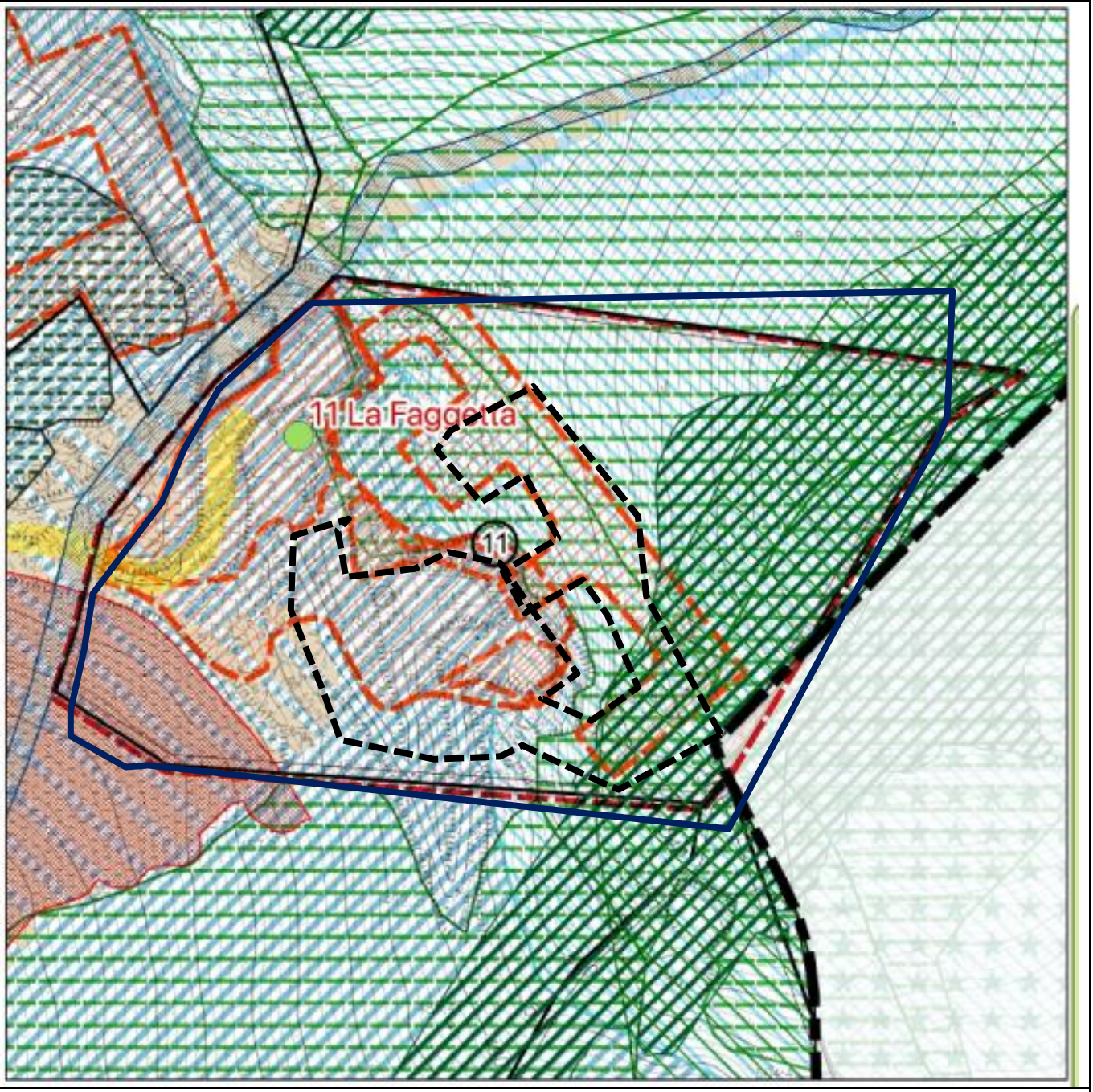


Figura 3: Stralcio non in scala di TAV.F1: Disciplina dei suoli PABE Scheda PIT/PPR n.14 con indicato SITO ESTRATTIVO della Cava n.11 (in blu) e PERIMETRON ESTRATTIVO (in nero).

Legenda

Limiti amministrativi comunali

Perimetro Bacino Estrattivo

Localizzazione Cave e stato di attività (art.1 c.7)

CAVE ATTIVE

CAVE DISMESSE (Art. 27 c.2)

SITI ESTRATTIVI DISMESSI

Aree in disponibilità

Fosse Demaniali

Zone di protezione speciale ZPS/ZSC (art.7 c.1,2)

Zona di tutela ZPS/ZSC (art.7 c.4)

Crinali da tutelare (art.7 c.7 lett.c)

Zone di tutela paesaggistica

Zone di elevato valore paesaggistico (art.6 c.4)

Zone di valore paesaggistico (art.6 c.5)

Aree di margine (art.26 c.1)

grotte - emergenze geologiche (art.7 c.7 lett.a1)

classificazione edifici

Edifici privi di valore - c3a (art.14)

Edifici coerenti con il contesto - c2b (art.13)

Edifici di valore architettonico - c2a (art.12)

Edifici di valore storico-testimoniale - c1 (art.11)

Viabilità (art.19)

viabilità pubblica

altra viabilità

parcheggio

As - Zone di interesse storico testimoniale (art.18)

Ravaneti soggetti a tutela (art.24)

R1 (art.24 c.3)

R2 (art.24 c.4)

Pericolosità geologica elevata e molto elevata (art.25)

Corsi d'acqua

Aree immagazzinamento idrico (art.23 c.2)

Sorgenti (art.7 c.7 lett.a2 - art.20)

Tutela delle sorgenti e dei pozzi idrop.

A1 - zone di rispetto (art.20 c.2)

A2 - vulnerabilità elevata (art.20 c.3)

A3 - Vulnerabilità alta sorgenti (art.20 c.4,5,6)

A4 - Vulnerabilità media sorgenti (art.20 c.7)

Aree progetto di coltivazione autorizzato

Elementi del progetto di coltivazione autorizzato

Bancate principali

Viabilità di servizio alla cava

SCHEDA 10

Legenda codici

As - Zone di interesse storico testimoniale

Codice AS	nome
AS11	Edificio ex cava

4.3. INTERVENTI PREVISTI NEL PERIODO DI COLTIVAZIONE

Gli interventi connessi al piano di coltivazione prevedono l'asportazione di materiale detritico per circa **5'113mc** di materiale detritico dal settore inferiore del conoide adiacente alla cava, interno alle aree definite a **pericolosità geomorfologica medio-elevata** (G3a) nelle Tavole del Quadro Progettuale del PABE Scheda n.14: Bacino di Pescina-Piscinicchi-Boccanaglia Bassa ovvero ricadenti in interventi di messa in sicurezza geomorfologica.

Tutto il materiale incoerente viene asportato per ragioni di sicurezza (**Art.24 Comma7 PABE**), ed in subordine per la realizzare del progetto di coltivazione (**Art.24 Comma8 PABE**), ovvero per la modifica della viabilità di accesso e l'apertura di nuovi sbassi (**Art.30 Comma 5**). Di conseguenza l'intervento di asportazione del materiale incoerente porterà benefici dal punto di vista ambientale, della sicurezza del cantiere (mantenimento
versanti detritici con angoli inferiori a quelli di natural riposo e viabilità con pendenze ed ampiezze adeguate ai mezzi) e geomorfologici (riduzione delle altezze dei conoidi).

Pertanto gli interventi non concorrono ne alle percentuale di resa, ne al raggiungimento degli obiettivi di produzione sostenibile ai sensi dell'Art.25 Comma 5 della Disciplina di PRC e dell'Art.32 Comma 7 delle NTA del PABE.

Il programma di lavoro esplicitato in un'unica fase può subire delle variazioni nell'ordine di esecuzione, sia per particolari esigenze organizzative sia per interventi da parte degli Enti preposti al controllo. Al fine di rendere più esplicite le operazioni progettuali, di seguito si procede ad una descrizione più dettagliata.

Non si prevedono comunque interventi all'interno del conoide detritico ascritto alla classe R1 per impraticabilità delle infrastrutture presenti sia dall'alto che dal basso.

5. STUDIO DI STABILITÀ

Allo scopo di redigere il presente studio di stabilità dei ravaneti all'interno dell'area in disponibilità della Cava n.11 Faggeta.

5.1. METODOLOGIA

Lo Studio si svilupperà attraverso le seguenti fasi:

- Inquadramento territoriale dell'area;
- Definizione delle caratteristiche granulometriche e meccaniche dei versanti detritici oggetto di intervento per le successive verifiche di stabilità;
- Definizione dei criteri di progettazione e verifica ai sensi delle NTC 2018;
- Valutazione ed analisi del sito con messa in evidenza delle criticità esistenti di stabilità del territorio.

5.2. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE

Per quanto riguarda le aree indicate nel progetto come *"depositi di stoccaggio temporaneo di materiale detritico"* si vuole precisare che i ravaneti 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 bensí dei 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"* inseriti nel progetto andranno ad occupare zone per lo più pianeggianti ed avranno un carattere prettamente temporaneo in virtù del fatto che il materiale accumulato nelle aree indicate, sarà soggetto ad intervalli prestabiliti, a rimozione e trasporto verso impianti di trattamento.

Non si esclude, nel corso delle lavorazioni, eventuali ricariche temporanee degli stessi con materiale detritico da utilizzarsi per la sagomatura del pendio artificiale ed il ripristino della viabilità.

5.2.1. OSSERVAZIONI PRELIMINARI

I ravaneti sono originati dall'accumulo di materiali di scarto derivanti dall'attività estrattiva, ed anche nell'area di Porcinacchia-Carbonara, 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, 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).
All'interno del sotto-bacino estrattivo è stato riconosciuto un unico conoide detritico costituito da "grandi blocchi" e suddiviso in due tipologie di alterazione in funzione dell'epoca di realizzazione o di una successiva ricarica:

1. La porzione occidentale ed inferiori costituita da elementi ciclopici alterati con diffusa copertura arborea in corrispondenza degli scarichi delle vecchie cave "Pinella", "Conca" e "Carbonara";
2. La porzione orientale costituita da elementi non alterati e privi di copertura vegetale, realizzata da una ricarica della discarica a seguito dell'attivazione della Cava Faggeta nell'attuale ubicazione.

A parziale conferma di quanto precedentemente indicato si riporta in Figura 4 lo stralcio della Carta Tecnica Regionale 1:10'000 estratta da uno Studio dell'Università di Pisa (Nicolai, 2009) rappresentante l'evoluzione del ravaneto nel Bacino di Boccanaglia dal 1887 al 2007 ed anche l'area del Bacino del Fosso di Porcinacchia-Carbonara (in verde).
Si nota che l'impronta del ravaneto ha subito modifiche sensibili soprattutto nelle parti soprastanti ed inferiori alla Cava "Carbonara" con uno sviluppo in linea lungo l'impluvio ed un'espansione a ventaglio nella parte superiore immediatamente sottostante l'attuale via di arroccamento.

Tali aspetti oltre ad essere importanti al fine di una corretta scelta dei parametri di resistenza del corpo detritico permettono di avere un valido riferimento in termini di valutazione quantitativa del potenziale trasporto solido che si verrebbe a manifestare in caso di precipitazioni importanti. Se è vero che la maggior parte delle volumetrie idriche riesce ad infiltrarsi all'interno del corpo detritico altamente permeabile grazie alla presenza di un grande quantitativo di vuoti; è altrettanto vero che una parte dello scroscio defluisce verso valle e verso l'impluvio naturale per mezzo del ruscellamento superficiale portando con se materiale solido di granulometria variabile in funzione della velocità di deflusso della corrente. In relazione alle caratteristiche del conoide si può tuttavia ritenere che le importanti dimensioni degli elementi che lo costituiscono e la presenza di copertura vegetale possono rappresentare un segno inequivocabile delle condizioni di stabilità dei depositi detritici.
Le aree alterate infatti, hanno assunto l'attuale conformazione da anni e pertanto è inteso che non abbiano subito cinematismi da quando sono stati messi in loco;
Le aree ove è attecchita vegetazione, ancora di più, sono un segnale della staticità dell'area ed il livello di stabilità aumenta con l'aumentare delle dimensioni della copertura vegetale presente (erbacea, arbustiva o arborea).

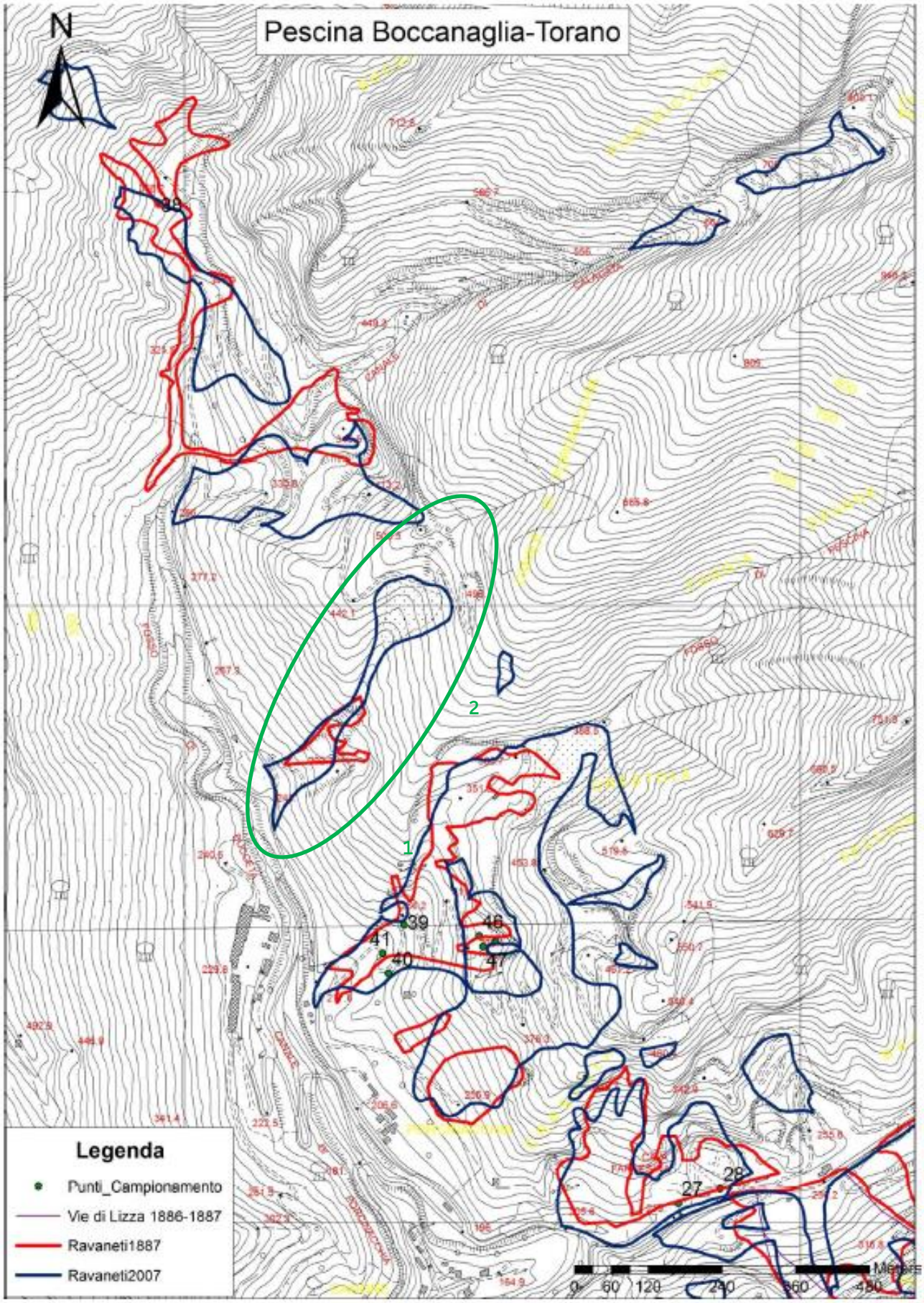


Figura 4: Stralcio CTR 1:10'000; Evoluzione del Ravaneto dal 1887 al 2007 nel Bacino Estrattivo di Boccanaglia, con evidenziato in verde l'area del Canale di Porcinacchia, oggetto della presente relazione tecnica.

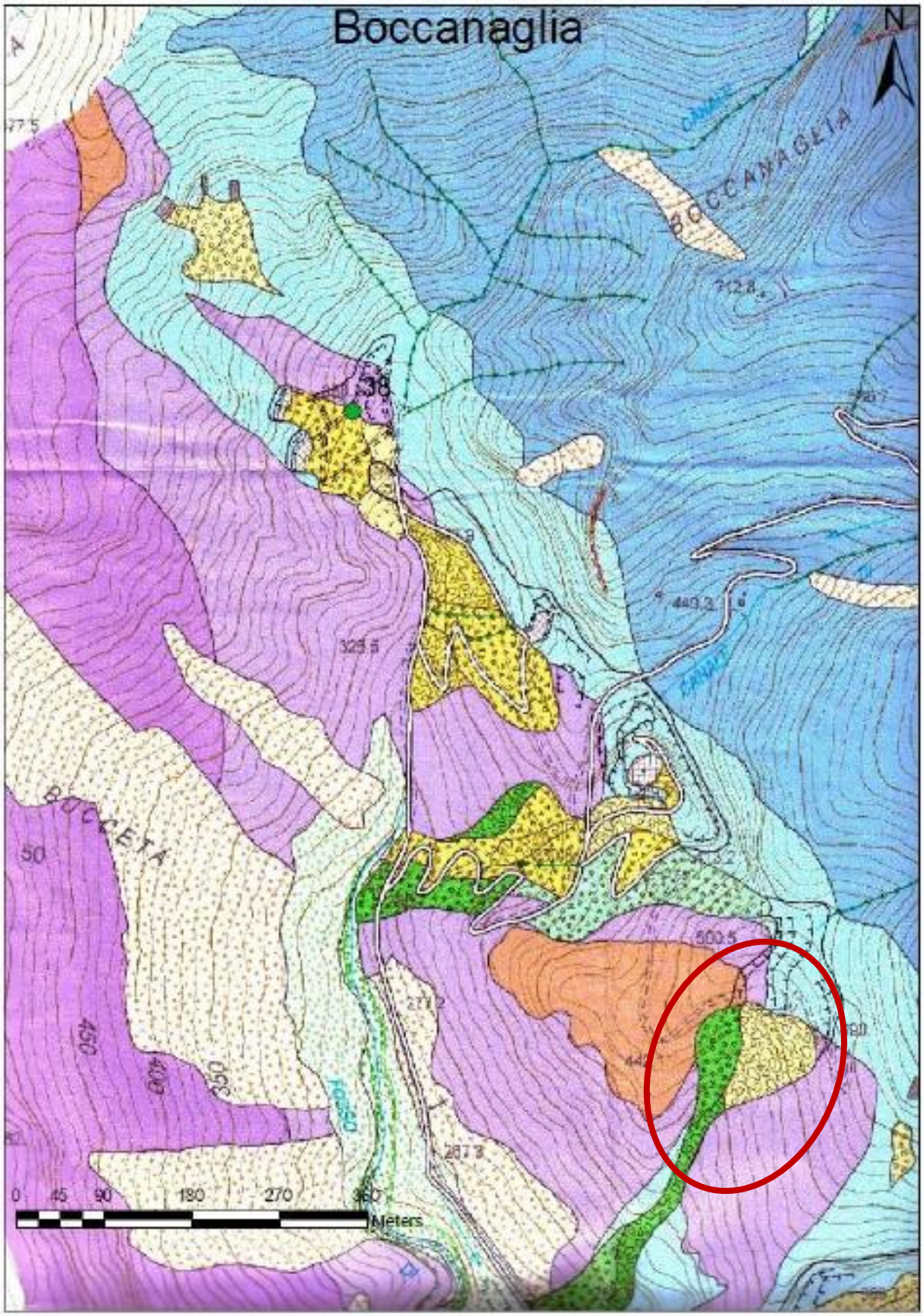
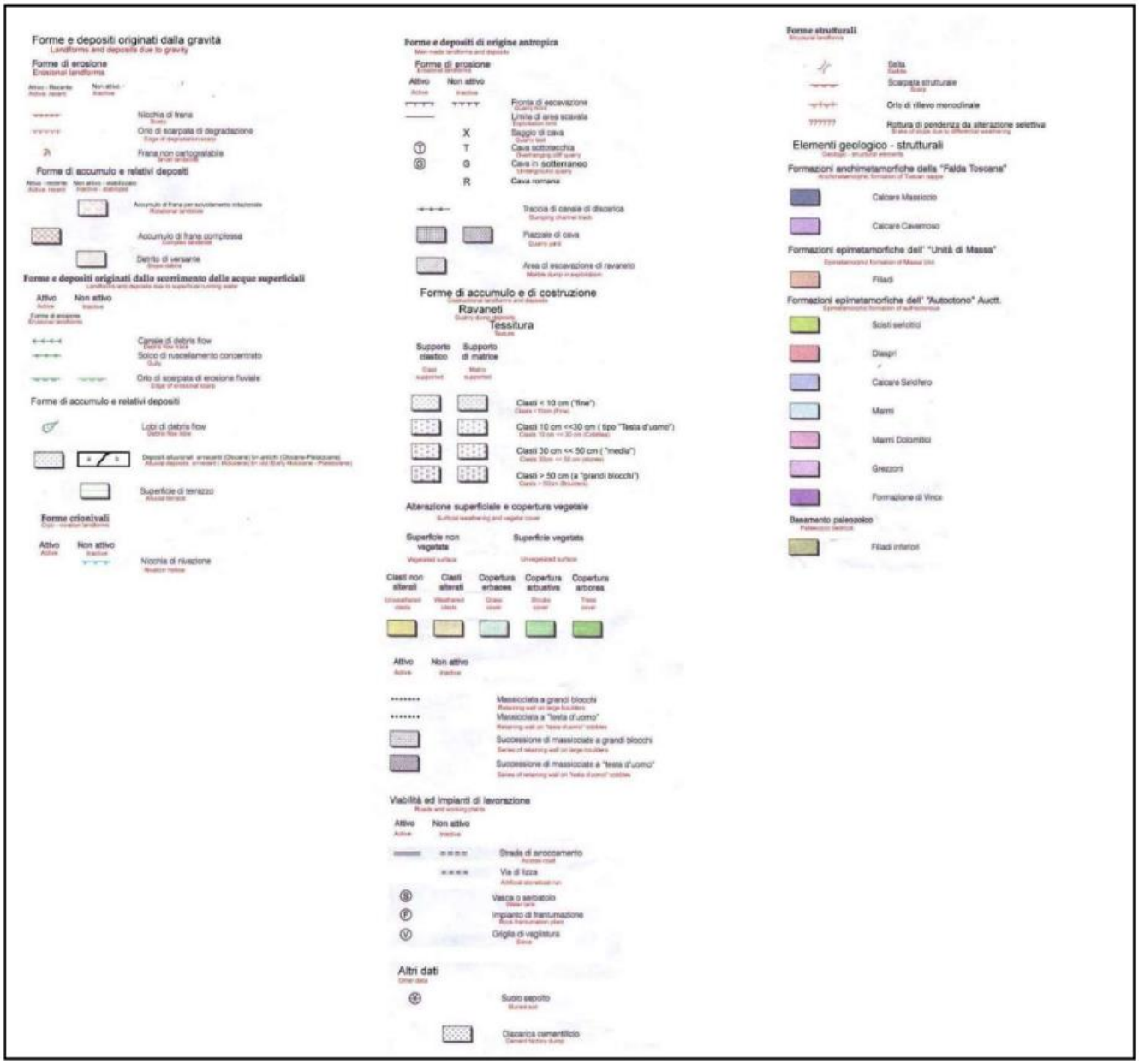
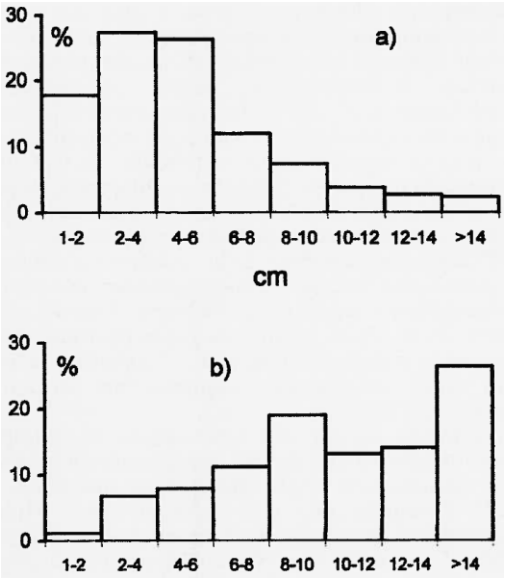


Figura 5: Stralci della Carta Geomorfologica del Bacino Estrattivo di Boccanaglia (Carta dei Bacini Marmiferi di Carrara scala 1:5'000 Baroni et al.,2008); con indicato il Ravaneto di Porcinacchia/Carbonara ed i punti di campionamento in riferimento alle prove granulometriche effettuate nel corso della Tesi di Laurea "Variazioni Areali e Caratteristiche Granulometriche dei Ravaneti di Carrara (MS) Nicolai, Baroni et al.i; 2009".


Forme e depositi originati dalla gravità
Forme di erosione
Nicchia di frana
Orlo di scarpata di degradazione
Frana non cartografabile
Forme di accumulo e relativi depositi
Accumulo di frana complessa
Detrito di versante
Forme e depositi originati dallo scorrimento delle acque superficiali
Attivo
Non attivo
Canale di debris flow
Solco di ruscellamento concentrato
Orlo di scarpata di erosione fluviale
Forme di accumulo e relativi depositi
Lobi di debris flow
Superficie di terrazzo
Forme crionivali
Attivo
Non attivo
Nicchia di nivazione
Forme e depositi di origine antropica
Forme di erosione
Attivo
Non attivo
Fronte di escavazione
Ciglio di area scavata
X
Saggio di cava
T
Cava sottovecchia
G
Cava in sotterraneo
R
Cava romana
Traccia di canale di discarica
Piazzale di cava
Area di escavazione di ravaneto
Forme di accumulo e di costruzione
Ravaneti
Tessitura
Supporto clastico
Supporto di matrice
Clasti < 10 cm ("fine")
Clasti 10 cm <<30 cm (tipo "Testa d'uomo")
Clasti 30 cm << 50 cm ("media")
Clasti > 50 cm (a "grandi blocchi")
Alterazione superficiale e copertura vegetale
Superficie non vegetata
Superficie vegetata
Clasti non alterati
Clasti alterati
Copertura erbacea
Copertura arbustiva
Copertura arborea
Attivo
Non attivo
Massicciata a grandi blocchi
Massicciata a "testa d'uomo"
Successione di massicciate a grandi blocchi
Successione di massicciate a "testa d'uomo"
Viabilità ed impianti di lavorazione
Attivo
Non attivo
Strada di arroccamento
Via di lizza
Vasca o serbatoio
Impianto di frantumazione
Griglia di vagliatura
Altri dati
Suolo sepolto
Discarica cementificio
Forme strutturali
Sella
Scarpata strutturale
Orlo di rilievo monoclinale
Rottura di pendenza da alterazione selettiva
Elementi geologico - strutturali
Formazioni anchimetamorfiche della "Falda Toscana"
Calcare Massiccio
Calcare Cavernoso
Formazioni epimetamorfiche dell' "Unità di Massa"
Filladi
Formazioni epimetamorfiche dell' "Autoctono" Auct.
Scisti sericitici
Diaspri
Calcare Selcifero
Marmi
Marmi Dolomitici
Grezzoni
Formazione di Vinca
Basamento paleozoico
Filladi inferiori

5.2.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E GEOTECNICHE

5.2.2.1. GRANULOMETRIA



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

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

In Figura 4 ed in Figura 5 vengono riportate le ubicazioni di alcuni saggi effettuati nei depositi detritici del Bacino Estrattivo atti a definire, all'interno della ricerca universitaria (Nicolai et al.i, 2009), curve granulometriche del materiale investigato.
Per l'area oggetto del progetto non sono stati effettuati campionamenti poiché la dimensione media dei clasti (>50cm), ascrivibili ai "grandi blocchi" ne impediscono il prelievo.
In relazione alle condizioni osservate si ritiene pertanto che la percentuale di materiale "fine" all'interno del conoide sia molto ridotta ed assimilabile a quella dei ravaneti "antichi".

CORPO DETRITICO	Nome	% Ciottoli	% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla
RAVANETO "ANTICO"	MEDIA	65	15	13	5	2

Tabella 1: Percentuali granulometriche medie per il ravaneto "antico" (Nicolai, 2009).

Il materiale collocato nelle aree di stoccaggio temporaneo e corrispondente in parte al sotto-griglia da analisi granulometriche condotta su materiale derivato di tipologie merceologiche similari risulta essere classificato come una **ghiaia sabbiosa debolmente limo-argillosa**, con una percentuale di materiale fine compresa tra il 12-16%.
In riferimento alla composizione granulometrica rilevata appare evidente che all'interno del materiale derivato si possa instaurare una componente coesiva che dipende direttamente dall'aumento della porzione fine presente, mentre all'interno del conoide detritico tale possibilità è scongiurata dalle ridotte percentuali di materiale "fine".

5.2.3. STRATIGRAFIA E RICOSTRUZIONE GEOTECNICA

La variabilità degli spessori del conoide detritico e dell'andamento del substrato è ricostruibile considerando le condizioni dei versanti affioranti in prossimità della zona ove invece è presente la copertura detritica.
Noti gli affioramenti rocciosi in corrispondenza degli impluvi, al piede del ravaneto, ed in calotta, è infatti possibile ipotizzare l'andamento del substrato roccioso.
Per il comprensorio Apuano, l'azione erosiva dell'acqua meteorica, unita alle elevate pendenze, ha infatti causato profonde incisioni nella roccia calcarea conferendo alle vallate la tipica forma a *V*.

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 volumi superiori al metro cubo ad altri di dimensione centimetrica, il tutto contenuti in una frazione sabbioso-limosa. Sotto il profilo geotecnico il ravaneto potrebbe essere assimilato 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..

5.2.4. PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI

5.2.4.1. RAVANETO OD UNITÀ GEOTECNICA 1

Gli studi sopra riportati risultano molto importanti per la valutazione dei parametri caratteristici del corpo detritico quale angolo di attrito, coesione e permeabilità; se infatti la matrice fine limita la resistenza attritiva e la permeabilità, la presenza di questo materiale tra le volumetrie più grandi genera una componente coesiva non trascurabile in una stabilità globale del versante.
La contemporanea presenza di clasti disposti in maniera disordinata da luogo a fenomeni di interlocking difficilmente valutabili a livello qualitativo ma di indubbio miglioramento per l'equilibrio del versante in aggiunta ai parametri meccanici del materiale, dal momento che, per le grandi dimensioni degli elementi costitutivi (da centimetriche/decimetriche a metriche), diventa sicuramente fondamentale, ai fini della resistenza al taglio, il contributo dovuto al mutuo incastro tra i frammenti litoidi.
In considerazione della natura di 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 si che durante l'operazione di prelievo si determina la perdita del fattore coesivo all'interno del materiale campionato.

Al fine di procedere alla caratterizzazione geotecnica (essenzialmente la determinazione dell'angolo di attrito **φ**) di detti corpi detritici si può procedere mediante metodi indiretti quali:

1. Analisi della cartografia del ravaneto dell'area evidenzia angoli di natural declivio compresi tra 35° e 65°;
2. Dati bibbliografici, 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 compreso nel range 0.10<c<0.145 Kg/cmq, però assunto nelle verifiche c=0 cosí da giocare a favore di sicurezza.

5.2.4.2. SUBSTRATO ROCCIOSO OD UNITÀ GEOTECNICA 2

Al fine di caratterizzare il substrato roccioso sono stati utilizzati i parametri determinati nei capitoli precedenti e specificatamente:

- peso specifico dell'ammasso roccioso γ = 2.7 ton/mc;
- coesione generale c = 1.2 MPa;
- angolo di attrito Φ = 45.0°

5.2.4.3. 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 nella sezione di analisi:

- 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 infiltra 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 superfici all'interno del deposito detritico, generando la formazione di falde freatiche superficiali. 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 a quella ghiaioso-scagliosa.
Tale evento richiederebbe tuttavia 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 depositi.

5.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA

Le verifiche di sicurezza riportate di seguito saranno effettuate agli Stati Limite Ultimo (SLU) per le condizioni statiche ed allo Stato di Salvaguardia della Vita (SLV) per le condizioni sismiche ai sensi dei Capitoli 2.6, 6.2.4 e 7.11.1 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18) di cui al DM 17-01-2018.

5.3.1. AZIONI

Nella definizione delle azioni si distinguono i carichi permanenti (G) quali pesi propri strutturali (G1) e non strutturali (G2), i carichi variabili Q (sovraccarichi, neve, vento e temperatura), i carichi eccezionali A (incendio, urti, esplosioni) ed i carichi sismici (E). Data l'entità dei carichi (G), le sollecitazioni dovute ai carichi accidentali, alla neve e al ghiaccio risultano trascurabili e nelle successive analisi non verranno tenuti in considerazione.

5.3.1.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI

Per le azioni variabili si tiene conto dei coefficienti di combinazione di Tab.2.5.I NTC18, di seguito riportati.

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

5.3.1.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Per ogni stato limite affrontato si prevede una specifica combinazione di azioni:

COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

COMBINAZIONE SISMICA (SLU-SLE + E)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$$

COMBINAZIONE ECCEZIONALE (SLU-SLE + A)

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$$

COMBINAZIONE RARA (SLE irrev.)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

COMBINAZIONE FREQUENTE (SLE rev.)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE (SLE l.t.)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

Dove: G_1 = azioni permanenti strutturali;

G_{k2} = azioni permanenti non strutturali

P = forza di precompressione;

Q_{k1} = azione variabile di base;

Q_{ki} = azioni variabili tra loro indipendenti;

γ_{G1} = coefficiente parziale dei carichi permanenti;

γ_{G2} = coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;

γ_P = coefficiente di sicurezza dei carichi concentrati;

γ_{Qi} = coefficiente di sicurezza dei carichi variabili;

ψ_{ij} = coefficiente di combinazione delle azioni variabili.

5.3.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per gli stati limite ultimo deve essere soddisfatta la relazione: $Rd \geq Ed$

Dove: Rd il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

Ed è il valore di progetto dell'effetto dell'azione.

Nelle verifiche agli stati limite ultimo si distinguono:

- lo stato limite per perdita di equilibrio (EQU);
- lo stato limite per raggiungimento della resistenza strutturale (STR);
- lo stato limite per raggiungimento della resistenza del terreno (GEO).

La verifica della condizione di stato limite ultimo deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (EQU, A1,A2), per i parametri geotecnici (M1, M2) e per le resistenze (R1, R2, R3).
I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci distinti ed alternativi:

APPROCCIO 1: **COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R1) per la verifica STRUTTURALE**

COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) per la verifica GEOTECNICA

APPROCCIO 2: **COMBINAZIONE UNICA (A1+M2+R3 (GEO) o R1 (STR).**

5.3.2.1. AZIONI

Per le azioni si utilizzano i coefficienti riduttivi riportati in Tab.6.2.I NTC18.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 [1]	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

[1] Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

5.3.3. PARAMETRI GEOTECNICI E RESISTENZE

I parametri geotecnici saranno ridotti attraverso il coefficiente parziale sicurezza γ_M, indicati in Tabella 6.2.II NTC18) e tenendo conto, ove necessario, degli ulteriori coefficienti γ_R specificati dalla stessa normativa per i diversi tipi di opera.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma\gamma$	γ_γ	1,0	1,0

Per gli ammassi rocciosi al valore caratteristico di resistenza a taglio τ_R si applica un coefficiente parziale $\gamma_{\tau R}$ =1.0 (M1) e $\gamma_{\tau R}$ =1.25 (M2), mentre al valore caratteristico della resistenza uni-assiale q_u, anche se le NTC18 non si esprimono, è stato utilizzato il coefficiente parziale dell'EC7 γ_{qu}=1.0 (M1) e γ_{qu}=1.4 (M2).

5.3.3.1. VERSANTE IN MATERIALE DETRITICO (RAVANETO)

Considerando il deposito detritico equiparabile ad "opere di materiali sciolti" del Cap.6.8 NTC18 la condizione di verifica deve essere soddisfatta secondo:

- la COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) con il coefficiente parziale delle resistenze definito dalla Tab.6.8.I NTC18 per gli stati limite ultimi (SLU);
- Considerando per l'analisi sismica i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici unitari (§7.11.1 e §7.11.4 NTC18) ed il coefficiente parziale sulle resistenze pari a γ_R=1.2;

5.3.4. AZIONI DOVUTE AL SISMA

5.3.4.1. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA

Le strutture da verificare rientrano, ai sensi del Cap. 2.4.1 NTC18 nella categoria 2 delle *"Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari"* per le quali la vita nominale di progetto, dalla Tabella 2.4.I NTC18 è: **$V_N \geq 50$ anni**

Tale scelta rappresenta di fatto un aumento delle condizioni di sicurezza dal momento che l'intero piano di coltivazione avrebbe ai sensi della normativa vigente una durata di CINQUE anni e pertanto l'opera rientrerebbe nella Categoria 1.

Anche la destinazione d'uso della struttura viene cautelativamente classificata in Classe d'Uso II (Cap. 2.4.2. NTC18): *"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti,…[omissis]…"* dove il coefficiente dedicato risulta da Tab.2.4.II Cu = 1.0

Il periodo di riferimento (V_R) per le azioni sismiche è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni}$$

5.3.4.2. TEMPO DI RITORNO DEL SISMA

Dal momento che si intende eseguire le verifiche agli stati limite di salvaguardia della vita (SLV) dalla Tab.3.2.I NTC18 viene definita una probabilità di superamento nel periodo di riferimento

$P_{VR\ SLV}$ = 10%. $P_{VR\ SLD}$ = 63%.

Tab. 3.2.I – *Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato*

Stati Limite	P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In relazione al periodo di riferimento dell'opera ed alla probabilità di superamento si ottiene un tempo di ritorno per SLV di 475 anni, che confrontati ai tempi di realizzazione dell'intervento risultano **estremamente cautelativi**.

5.3.4.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni, D.M. 14/01/18, al paragrafo 3.2.II. definiscono 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo.

5.3.4.3.1. AMMASSO ROCCIOSO

L'ammasso roccioso appartiene alla **Categoria di sottosuolo A**: *"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m."* Tabella 3.2.II NTC18.

5.3.4.3.2. VERSANTE IN MATERIALE DETRITICO (RAVANETO)

Anche se il ravaneto in esame presenta spessori prevalentemente superiori a 30.0m a scopo cautelativo è stato ascritto alla Categoria E: *"Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m"* della Tabella 3.2.II NTC18. L'amplificazione sismica generata dalla categoria scelta è infatti la peggiorativa tra quelle presenti.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

5.3.4.4. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il sito appartiene alla Categoria T4: *"Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°"* Tab.3.2.III NTC18.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

5.3.4.5. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le analisi in presenza di sisma sono effettuate con il metodo pseudo-statico.

Tab. 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

L'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente costante e proporzionale alle forze gravitative potenzialmente instabili costituita di una componente orizzontale e di una componente verticale espresse mediante un coefficiente sismico orizzontale (k_h) ed un coefficiente sismico verticale (k_v), valutati mediante le seguenti relazioni del §7.11.3.5.2 NTC18:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove:

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità;

β_S = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.27 per le verifiche SLV o 0.20 per le verifiche SLD da Tabella7.11.I NTC18.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito è valutata con la seguente espressione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) Tab.3.2.IV NTC18 e topografica (S_T) Tab.3.2.V NTC18.

I parametri di pericolosità sismica sono stati definiti attraverso il programma Edilus-MS della ACCA Software®, ove è sufficiente indicare un punto di riferimento medio che per il caso in esame presenta coordinate WGS84 44.09772947 10.10759354 .

L'accelerazione sismica risulta essere 0.160 g per SLV.

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.051	2.451	0.240
Danno	50	0.064	2.470	0.252
Salvaguardia Vita	475	0.160	2.395	0.288
Prevenzione Collasso	975	0.205	2.383	0.296

Tabella 2: Parametri di pericolosità sismica per il punto di riferimento della Cava Faggeta(Edilus-MS ACCA Software®).

Per il sito in esame si ha (cfr. Appendice A):

- S_S = 1.50 (E) rispettivamente coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_S) per suolo di tipo E (Tabella 3.2.II NTC18);
- S_T = 1.40 coefficiente di amplificazione topografica (S_T) per "pendii con inclinazione i≥30° - in corrispondenza della sommità del pendio" (A) (Tabella 3.2.III NTC18);

da cui: $a_{max(E)} = S \cdot a_g$ SLV $= S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.160g \cdot 1.50 \cdot 1.40 = 0.336$ g

$k_{hE} = 0.08$ $k_{vE} = 0.04$

La possibilità di variare il segno dei coefficienti sismici (+ o -) permette di avere quattro condizioni di analisi, tuttavia nelle successive trattazione verranno valutate, se possibile, le sole condizioni peggiorative per la stabilità.

5.3.5. VALORI DI CALCOLO

Per le successive verifiche è stata ipotizzata l'**assenza di coesione**, in modo da affrontare il problema con un maggior grado di sicurezza; studi di sensitività a riguardo hanno infatti evidenziato che il contributo della componente coesiva incide maggiormente sulla stabilità dei versanti rispetto alla componente attritiva.

Tale scelta è inoltre avvalorata dal fatto che appare poco verosimile un comportamento di tipo plastico tipico di blocchi rigidi affogati in una matrice fortemente coesiva, mentre si ritiene più veritiera la condizioni di blocchi a contatto con presenza di matrice fine nei vuoti interstiziali.

In questo contesto, la stabilità dei versanti viene affidata principalmente alla componente attritiva ed ai fenomeni di mutuo incastro (inter-locking) che si instaurano tra gli elementi costituenti la porzione grossolana del corpo detritico; l'impossibilità di determinare quest'ultimi tuttavia ne impone di trascurarne gli effetti positivi e se da un lato trasferisce tutte le responsabilità sull'angolo di attrito del materiale dall'altro lato permette di aumentare ulteriormente le condizioni cautelative.

Tutte le condizioni utilizzate nelle verifiche vengono di seguito riportate:

- **valutazione in funzione di ravaneto "antico";**
- **coesione trascurabile;**
- **fenomeni di inter-locking trascurabili;**
- **angolo di attrito di 45°;**
- **presenza di falda freatica di altezza costante 1.00 m dal contatto ravaneto/roccia.**

I parametri geotecnici ottenuti per l'ammasso roccioso e il deposito detritico, secondo i diversi comportamenti ipotizzati, sono stati opportunamente ridotti secondo i fattori correttivi previsti dalle NTC18 e dall'EC7.
Rimandando ai precedenti capitoli per i valori di calcolo dell'ammasso roccioso, di seguito si riportano quelli relativi al materiale detritico costituente il ravaneto.

VALORI DI CALCOLO RAVANETI CRESTOLA-RUGGETTA-PESCINA		RAVANETO	
		M1	M2
Resistenza Globale (MPa)		-	-
Resistenza a Compressione Ammasso Roccioso (Mpa)		-	-
Resistenza a Trazione Ammasso Roccioso (MPa)		-	-
Modulo di Elasticità (Gpa)		200	
Indici ammasso roccioso (Mohr-Coulomb)	φ picco (°)	45.00	38.66
	c picco (MPa)	0.00	0.00

Tabella 3: Valori di calcolo dei parametri meccanici del materiale detritico.

5.3.6. CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA STABILITÀ DEL RAVANETO

Il Ravaneto di Porcinacchia è un ravaneto creato in passato dall'accumulo degli scarti di lavorazione, che al momento erano piuttosto consistenti data la posizione del sito estrattivo rispetto ai livelli geologici.
La diffusa presenza di ammasso roccioso ascrivibile al dominio dei marmi dolomici, scarsamente commerciabili, imponeva infatti di velocizzare le lavorazioni di scopertura del giacimento produttifero; le elevate caratteristiche meccaniche del materiale di "cappellaccio" impedivano inoltre una riduzione granulometrica con i mezzi dell'epoca.
Tale condizione di smaltimento degli scarti ha generato un conoide detritico costituito da elementi di dimensioni per lo più ciclopiche. Successivamente il conoide è stato sede della prima via di arroccamento utilizzata per raggiungere le Cave Conca, Pinella e Faggeta.
La struttura di un deposito detritico monodimensionale, o comunque contenuta in un range granulare ristretto e comunque verso granulometrie elevate (ciottoli o superiore), è indubbiamente quella che produce la maggiore condizione di compattazione, effetti di interlocking, con conseguente maggior garanzia di stabilità.
Un conoide detritico di questo tipo può essere assimilato ad un deposito di falda di versante che si forma alla base di una parete rocciosa, quindi, assimilabile sotto il profilo geotecnico, ad una ghiaia monogranulare incoerente con parametri φ= 35° e c=0.
L'osservazione degli elementi costituenti il ravaneto, nel corso dei sopralluoghi, ha permesso di osservare un'ossidazione diffusa sull'intero conoide a conferma della stabilità da lunga data del deposito.

6. LINEE GUIDA IN MATERIA DI RAVANETI DEL PARCO APUANE)

Si premette che le linee guida in materia di ravaneti per il recupero ambientale dei siti estrattivi e la mitigazione dell'impatto paesaggistico sono state approvate con Det.Dir. n.65 del 08.07.2019, e successivamente il Piano Attuativo del Bacino Estrattivo Scheda PIT/PPR n.14 Pescina-Piscinicchi-Boccanaglia Bassa – Comune di Carrara (MS) è stato approvato con Del.C.C. n.68 del 03.11.2021.

In tal senso appare opportuno chiarire che lo stato di fatto dei ravaneti interessati anche potenzialmente dal piano di coltivazione e le previsioni sia del PABE che delle "Linee Guida in materia di ravaneti".

6.1.1. LINEE GUIDA DEL PARCO IN MATERIA DI RAVANETI

Allegate alle linee guida in materia di "ravaneti" (8 luglio 2019) sono presenti la Carta Geomorfologica dei "ravaneti" e la Carta per la pianificazione della gestione (su base CTR 1:20'000) di cui si riportano di seguito stralci con indicati il perimetro in disponibilità della Cava n.11 Faggeta ed il perimetro estrattivo, nonché della viabilità di servizio.

6.1.1.1. CARTA GEOMORFOLOGICA DEI RAVANETI

La Cava 11 ricade all'interno delle Aree Estrattive e PRAER (Aree Contigue di Cava del Parco Regionale delle Alpi Apuane) e viene suddivisa in:

- Aree di escavazione in corrispondenza dei fronti, saggi, piazzali di cava;
- Almeno tre differenti Forme di accumulo o "ravaneti", tra cui:
    - Copertura arbustiva nella zona sottostante l'area servizi;
    - Copertura arborea nella parte apicale del ravaneto;
    - Clasti ossidati all'interno dell'esistente conoide detritico

Nello studio inerente tutte le forme di accumulo descritte non è stata affrontata la determinazione della tessitura e della granulometria del deposito.

Sia per la scala media che per la tipologia di elaborazione la cartografia risulta approssimativa e rappresenta esclusivamente una base di partenza ***per più specifiche analisi***…[omissis].

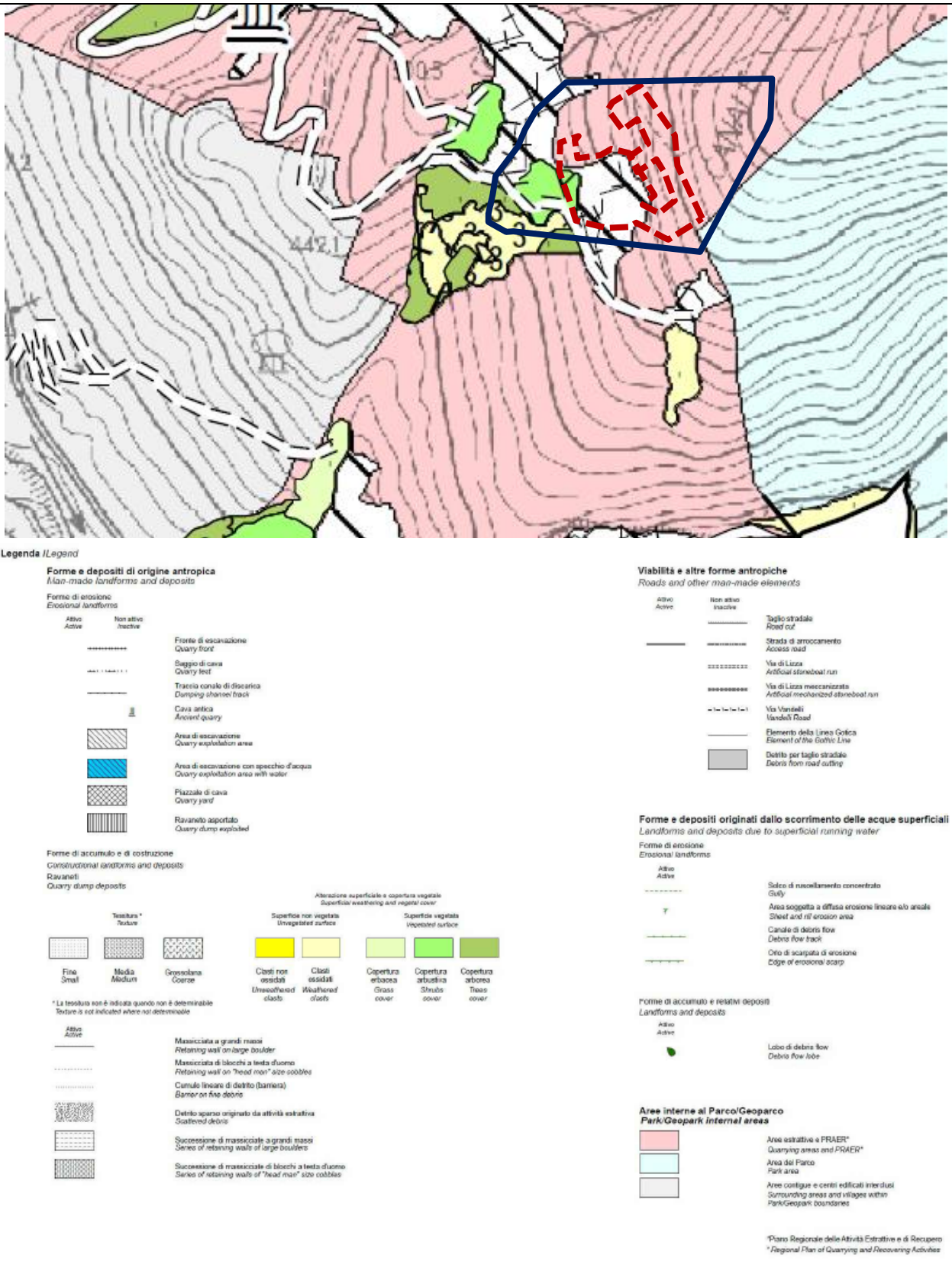


Figura 7: Stralcio non in scala di TAV.1: Carta geomorfologica dei "ravaneti" nel Parco/Geoparco delle Alpi Apuane (Toscana, Italia), con indicata area in disponibilità della Cava n.11 (in blu), perimetro estrattivo e viabilità (in nero).

6.1.1.2. CARTA PER LA PIANIFICAZIONE DELLA GESTIONE

Attraverso l'incrocio di Layer è stata definita la Carta per la pianificazione della gestione dei ravaneti che suddivide i depositi nelle tre categorie "asportabili", "non asportabili", "asportabili da sottoporre a verifica di dettaglio".
Dallo stralcio seguente si evince che all'interno dell'area in disponibilità della Cava 11 i ravaneti sarebbero classificati come "non asportabili".
Il progetto di coltivazione, come si evince dalla sovrapposizione del perimetro estrattivo con la Carta di Gestione, interesserà solo la parte superiore della perimetrazione del conoide.

Come contenuto all'interno delle stesse linee guida, ***"le indicazioni cosí nette riguardo l'asportabilità dei "ravaneti" hanno in realtà un valore indicativo e relativo sia in senso vincolistico, sia nell'opposta direzione della possibilità di intervenire, tenuto conto della scala media … e della necessità di un suo controllo di dettaglio di ogni progetto di coltivazione e relativo studio d'impatto ambientale.***
Va inoltre considerato che questo tipo di interventi … sottostanno strettamente al principio di precauzione, per cui non si deve intervenire se non dopo aver dimostrato, da parte del proponente, l'inesistenza o la non rilevanza di eventuali impatti conseguenti sulle componenti ambientali e paesaggistiche, fatti sempre salvi gli interventi per garantire la stabilità dei depositi e la sicurezza nei luoghi di lavoro."

In tal senso si deve sottolineare che i "ravaneti non asportabili" all'interno della Cava n.11 sono classificati a Pericolosità geomorfologica medio-elevata P3a o elevata P3b (PAI Bacino del Fiume Serchio) come illustrato nel relativo stralcio riportato nei capitoli precedenti, pertanto gli interventi sugli stessi ricadrebbero in quelli necessari per garantire la stabilità dei depositi.

Come contenuto nelle stesse linee guida ***"la Carta per la pianificazione della gestione non disegna i limiti di un vincolo assoluto, ma informa sulla sua presumibile esistenza, il cui effettivo accertamento è rimesso ai contenuti dei progetti di coltivazione…approfondendo le conoscenze ed utilizzando i metodi della Carta.***

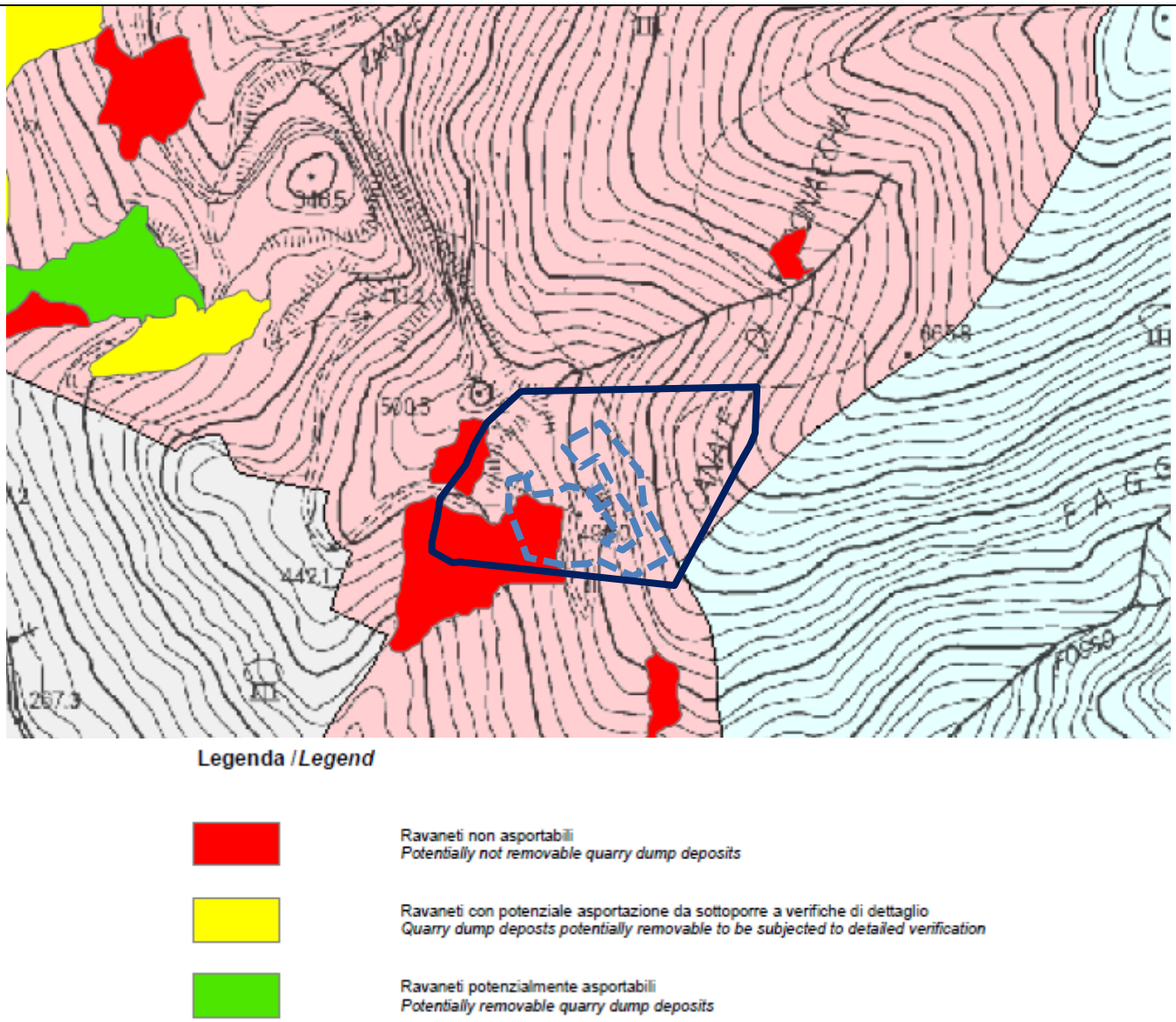


Figura 8: Stralcio non in scala di TAV.1: Carta per la pianificazione della gestione dei "ravaneti" nel Parco/Geoparco delle Alpi Apuane (Toscana, Italia) con indicata area in disponibilità della Cava n.11 (in blu), perimetro estrattivo e viabilità (in nero).

6.1.2. APPROFONDIMENTI ED ACCERTAMENTI

Allo scopo di approfondire ed accertare l'esistenza di limitazioni per i ravaneti ubicati all'interno dell'area in disponibilità della Cava 11 e verificarne la fattibilità del progetto di coltivazione proposto, si è provveduto a consultare:

- il PABE Scheda PIT/PPR n.14 approvato con Del. C. C. n.68 del 03.11.2021;
- il Piano di Coltivazione autorizzato con Det.Dir. n.72 del 31.05.2018
- le carte tematiche e vincolistiche riportanti il perimetro estrattivo dei cantieri della Cava 11 (riportate in stralcio nella presente relazione e nelle tavole allegate).

6.1.2.1. PREVISIONI DELLA PIANIFICAZIONE VIGENTE

All'interno del PABE della Scheda PIT/PPR n.14, approvato con D.C.C. n.68 del 03.11.2021 a seguito dell'acquisizione di tutti i nulla osta e pareri positivi, compreso quello del Parco Regionale delle Alpi Apuane, la porzione di materiale incoerente oggetto di asportazione non è soggetto ad alcun genere di tutela a differenza del sottostante conoide ascritto invece alla classe R1 ove sono previsti esclusivamente interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, di consolidamento e di regimazione idraulica e opere infrastrutturali e comunque sono previsti il prelievo, la movimentazione e l'asportazione del materiale seppur al minimo indispensabile. E' evidente che se tali attività sono previste all'interno del ravaneto tutelato, il PABE, in assenza di alcun vincolo o prescrizione, le consenta anche all'interno dei ravaneti non ascritti ad alcuna classe.
Per di più la porzione di conoide oggetto di asportazione si presenta in condizioni di pericolosità geomorfologica medio-elevata (G3a) e pertanto la sua asportazione rappresenta un indubbio miglioramento delle condizioni di sicurezza del sito a medio-lungo termine.
Dalla consultazione di Tav.G3.1 Carta Geomorfologica (Tav. Nord), INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE ai sensi del DPGR 53/R del25.10.2011 emerge inoltre che il conoide detritico che occupa l'impluvio del Canale di Porcinacchia è ascrivibile 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.*"

Tale deposito coincide in larga misura con l'area ascritta alla classe di pericolosità G3b, mentre la zona apicale sottoposta ad asportazione per le attività connesse a quelle estrattive è ascrivibile in gran parte alla classe AE "area scavata".

Dal PABE della Scheda PIT/PPR n.14, strumento urbanistico ad una scala di maggior dettaglio rispetto alle linee guida del Parco, si riscontra che tutti il materiale incoerente all'interno della CAVA n.11 può essere prelevato ai sensi dell'Art.24 Comma 3, 7, 8 ed Art.25 delle A3 NTA del PABE Scheda n.14. Inoltre il materiale incoerente di cui si prevede prelievo all'interno della variante non è ascritto a classi specifiche di tutela R1 o R2, ma anzi risulta "area scavata" a pericolosità geomorfologica medio-elevata ed elevata G3a-G3b per cui l'asportazione rientra negli interventi previsti per la sicurezza dei luoghi.

6.1.3. OSSERVAZIONE DIRETTA IN SITO

Dalla restituzione aero-fotogrammetrica di seguito riportata si conferma che gli interventi non interesseranno porzioni di deposito incoerente che presenta segni evidenti di ossidazioni o coperture arbustive/arboree che rimangono invece all'interno del conoide detritico sottostante all'area estrattiva.

Figura 9: Ripresa aereo-fotogrammetrica di dicembre 2021 della Cava 11 con indicato il perimetro estrattivo (in blu).

6.1.4. NOTE CONCLUSIVE

In relazione alle linee guida in materia di "ravaneti" (Det.Dir. n.65 del 08.07.2021 Parco Regionale delle Alpi Apuane), si ritiene che le carte "vincolistiche" a media scala siano state superate dalle previsioni di maggior dettaglio delle cartografie sia del Piano Attuativo Scheda n.14 Pescina-Piscinicchi-Porcinacchia (D.C.C. n.68 del 03.11.2021 Comune di Carrara). La ridotta porzione di detrito rimossa, quantificata in circa 5'113mc, ricade infatti all'interno delle aree a pericolosità geomorfologica medio-elevata G3a ed elevata G3b per cui la rimozione del materiale è consentita se finalizzata alla messa in sicurezza, ovvero al superamento di problematiche geologiche e geomorfologiche (Art.24 Comma 7 NTA PABE) e sempre consentita per qualunque tipologia di ravaneto se finalizzata alla realizzazione di un progetto di coltivazione di pietre ornamentali come il caso in esame.

Le previsioni delle linee guida, come previsto dalla stessa Det.Dir. n.65 del 08.07.2019, risultano pertanto superate dall'analisi di dettaglio interna al PABE che definisce ad una maggior scala di dettaglio i ravaneti ed evidenzia che la porzione di corpo detritico da

rimuoversi risulta a servizio di una cava attiva dal 2018 e comunque priva di elementi meritevoli di tutela per cui se ne prevede il PRELIEVO completo sia in conformità ai piani autorizzati sia per operazioni di messa in sicurezza ambientale e/o idrogeologica. ***Si ritiene pertanto che la fattibilità del progetto di coltivazione rispetto alle linee guida del Parco in materia di ravaneti risulta verificata.***

Carrara, 05.04.2022

Il Legale Rappresentante
Sig. Emanuele VENTURINI

Il Tecnico
Dott. Ing. Giacomo DEL NERO