COMUNE DI NÈ
CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA
REGIONE LIGURIA

CAVA DI CALCARE DENOMINATA "CEISENA"

PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA CAVA E VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

IL COMMITTENTE: Cave Marchisio Srl

IL PROGETTISTA: Dott. Geologo Luca Piaggi

- Aprile 2022 -
-Ver. 1.0 -

STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
lucapiaggi@gmail.com

INDICE

1. Premessa;
2. Elementi autorizzativi;
3. Posizione della cava rispetto al p.t.c.p., al piano di bacino e ai vincoli sul territorio;
4. Stato attuale del sito estrattivo;
5. Inquadramento geologico-strutturale generale;
6. Geografia, geologia e geomorfologia di dettaglio;
7. Caratteristiche idrogeologiche e carsismo;
8. Rilievo strutturale e geomeccanico;
9. Stima dei parametri da utilizzarsi per il ripristino ambientale;
10. Calcolo dei parametri di progetto;
11. Vita nominale e classi d'Uso;
12. Note sismiche;
13. Verifica di stabilità globali dei fronti di scavo;
14. Analisi di stabilità dei gradoni;
15. Verifiche di stabilità del rilevato di ricomposizione ambientale;
16. Prescrizioni per la realizzazioni del rilevato di ricomposizione ambientale e piano di monitoraggio;
17. Materiali utilizzati per la realizzazione del rilevato di ripristino ambientale;
18. Bibliografia;
19. allegati;

1-PREMESSA

Su incarico della Soc. Cave Marchisio Srl, è stato elaborata la presente relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica a supporto del progetto di ampliamento e variante al piano di coltivazione della cava in oggetto.

La cava, che è prossima agli impianti di lavorazione inerte della Soc. Committente, è attualmente attiva ed è costituita da una serie di gradoni e da un piazzale sito alla medesima quota della strada principale, in sponda sinistra del torrente Reppia.

La cava Ceisena rappresenta l'unica risorsa in zona della Soc. Cave Marchisio Srl.

Infatti la Società è proprietaria di quattro cave e precisamente:

- Cava Ventuin II
- Cava Costalunga
- Cava Ceisena
- Cava Cadana.

Di queste, la cava Costalunga è stata risistemata ambientalmente e chiusa definitivamente; la cava Cadana (ove sono posti gli impianti di frantumazione della società) e Ventuin II sono esaurite ed in fase attiva di sistemazione ambientale.

Al fine di determinare quanto sopra si è operato eseguendo rilievi topografici, geologici e geomorfologici di dettaglio, sia bibliografici, che sul campo.

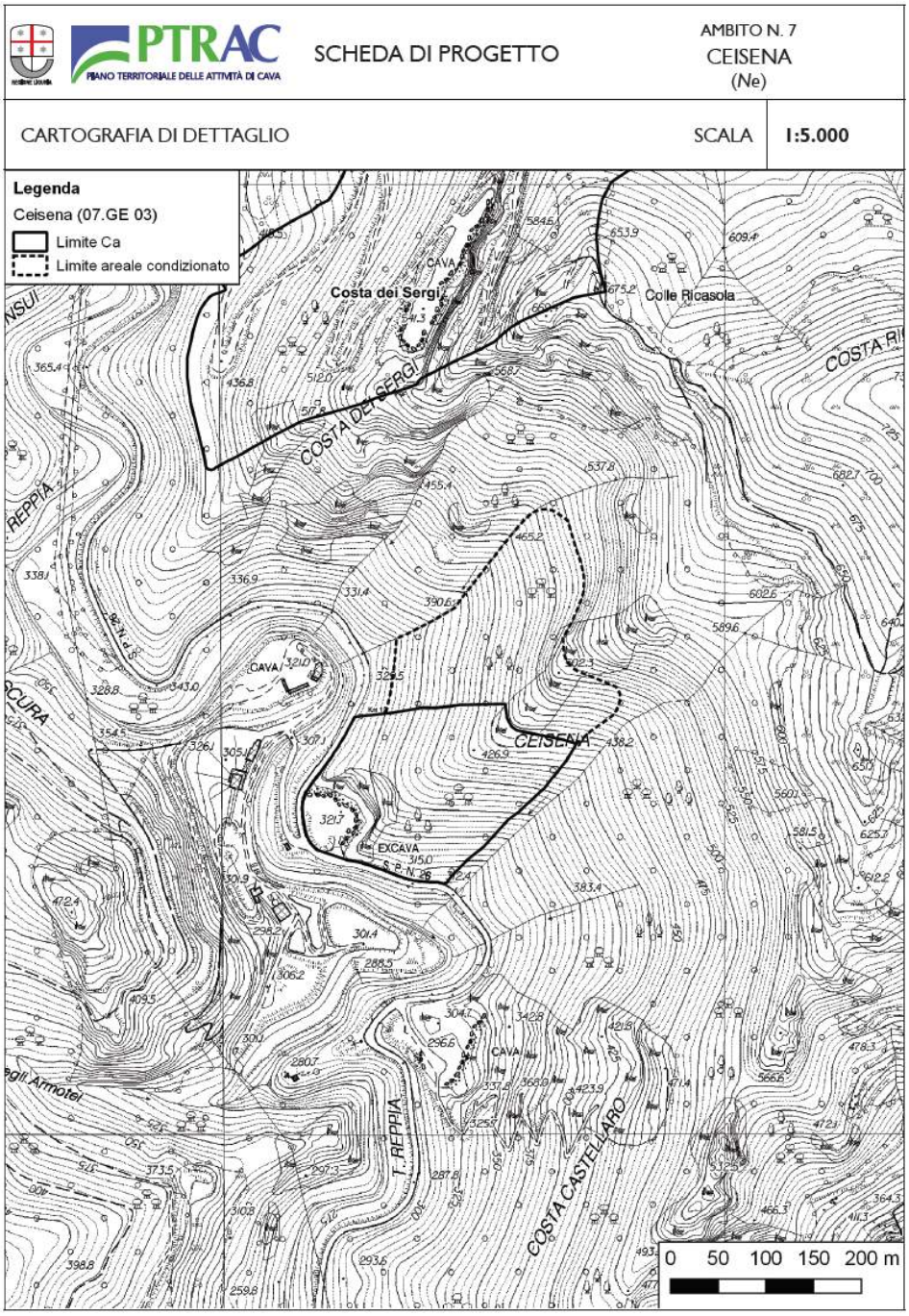
PTRAC PIANO TERRITORIALE DELLE ATTIVITÀ DI CAVA — SCHEDA DI PROGETTO	AMBITO N. 7 CEISENA (*Ne*)
SCHEDA N.	**07.GE 03**
Ex scheda n. ptrac 2000	**26 GE**
AMBITO	**Val Fontanabuona - Val Graveglia**
DENOMINAZIONE CAVA	**Ceisena**
PROVINCIA	**Genova**
COMUNE	**Ne**
LOCALITÀ	**Pian di Fieno**
MATERIALE ESTRATTO	**Calcare**
REGIME NORMATIVO	**CA**

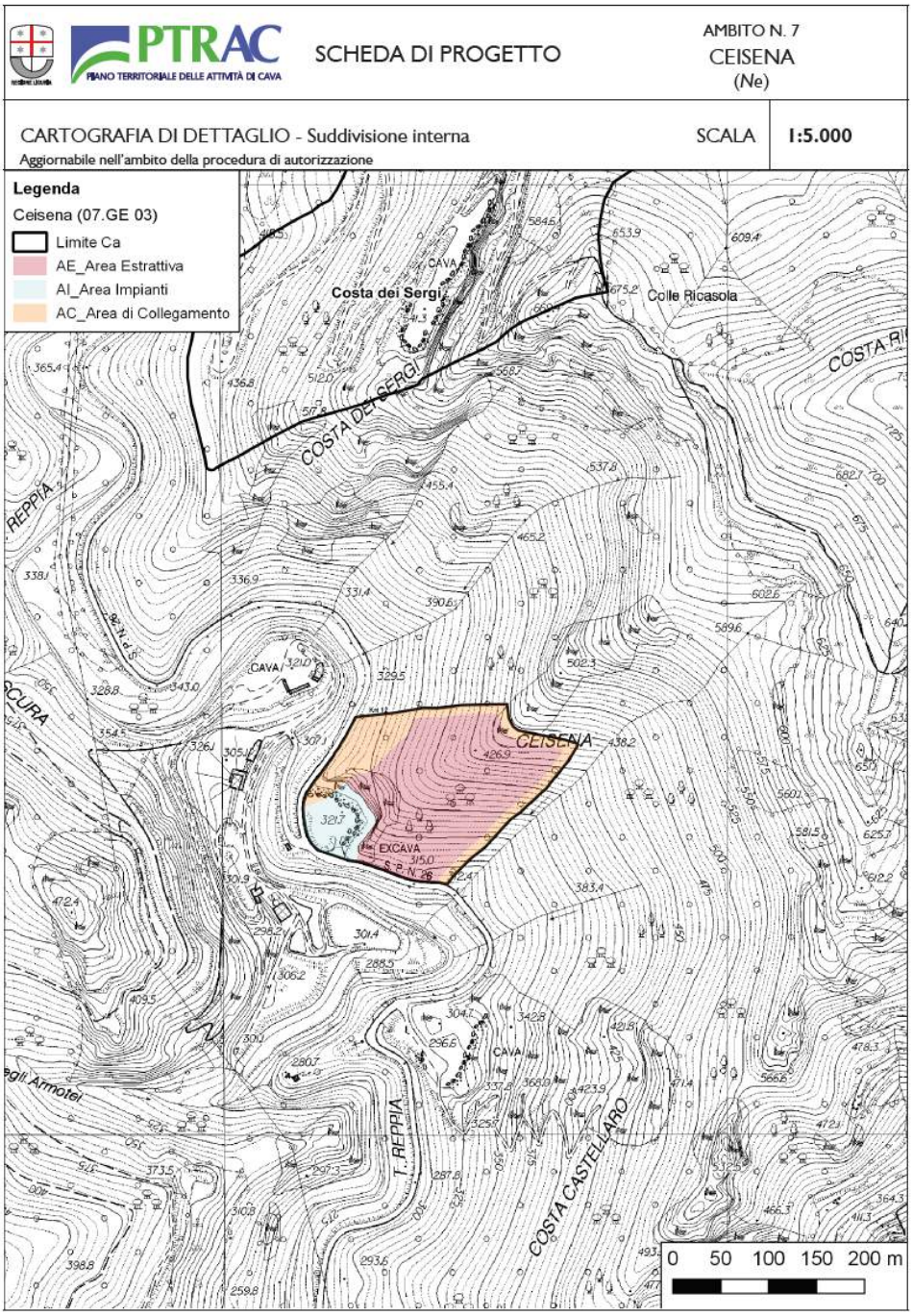
NORMA GENERALE DI PIANO DELL'AREA

Si richiamano integralmente le Norme Tecniche di Attuazione del Piano.
La coltivazione di cava prosegue secondo il programma di coltivazione autorizzato, fermo restando la possibilità di proporre varianti volte a migliorare gli aspetti connessi alla buona gestione dell'attività estrattiva sotto il profilo della stabilità dei fronti e della sicurezza per gli operatori, e connessi al miglioramento della ricomposizione morfologica del sito.
Il nuovo programma di coltivazione in attuazione delle previsioni di Piano dovrà essere preceduto da uno studio volto ad approfondire gli aspetti geologici connessi alle problematiche segnalate dal Piano di Bacino in merito alla suscettività al dissesto. Tale studio dovrà evidenziare le modalità di coltivazione volte a garantire la stabilità dei fronti e la sicurezza per i lavoratori.
Solo a seguito della valutazione positiva del suddetto studio da parte dell'autorità competente diventerà efficace il nuovo limite del perimetro CA che, diversamente, rimarrà delimitato come nel previgente Piano di settore.
Il programma di coltivazione, che attua le previsioni di Piano, è orientato al principio delle fette orizzontali discendenti impostate sul livello del ciglio di cava.
Contemporaneamente alla coltivazione si deve procedere alla ricomposizione ambientale e paesaggistica dei gradoni che avranno raggiunto i limiti di progetto e che, per ragioni di acclività del versante, non potranno essere oggetto di riempimento.

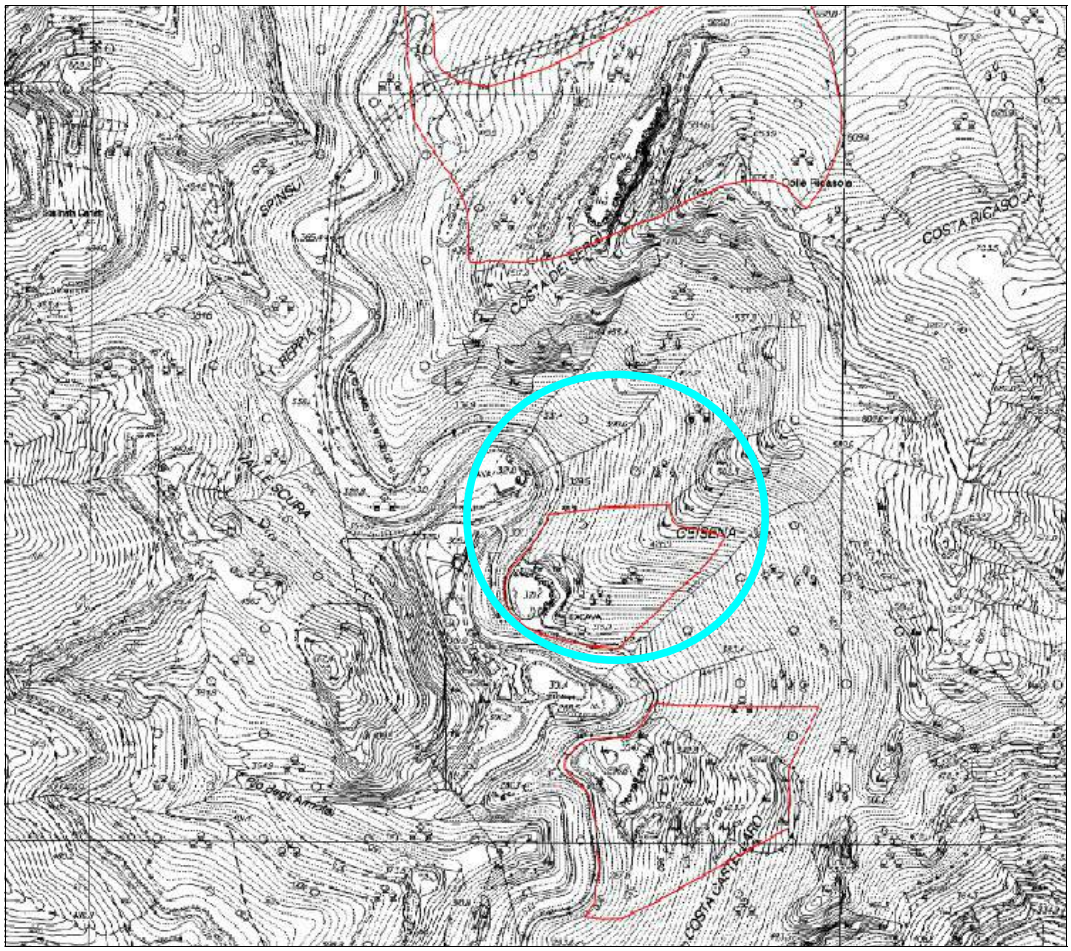
NORMA ATTUATIVA DI DETTAGLIO

Il programma di coltivazione è soggetto alla valutazione d'incidenza secondo la normativa vigente.
L'altezza dei gradoni, che rimarranno a vista anche a seguito della ricomposizione morfologica del sito di cava, deve essere limitata a circa 10/12 m e deve avere dimensione analoga fra pedata e alzata per ridurre l'acclività complessiva del versante, fermo restando la possibilità di derogare a tale indicazione a fronte della morfologia dello stato dei luoghi, di aspetti connessi alla sicurezza dei lavoratori e di adeguate motivazioni tecniche o geominerarie da valutare nell'ambito del procedimento autorizzativo inerente il programma di coltivazione. Il fronte gradonato deve essere movimentato e non geometricamente rigido, con adeguate opere di mascheratura tramite cunette di terreno, alberature ad alto fusto e rampe interposte fra un livello e l'altro per il passaggio delle specie.
Cava ricadente in area individuata come di interesse carsico.
All'interno del perimetro del limite CA è prevista una porzione di circa 10 m di ampiezza finalizzata a interventi di risarcimento del bosco circostante con la funzione di creare una zona di transizione fra il progetto di recupero a fine coltivazione e l'ambito del contesto di riferimento.
Il progetto di ricomposizione ambientale e paesaggistica del sito deve prevedere l'utilizzo di essenze tipiche dei luoghi, che possano svilupparsi autonomamente, dopo una prima fase di mantenimento prevista dalla norma di legge, e ricostruire un ambiente naturale coerente con il contesto d'ambito.


PTRAC
PIANO TERRITORIALE DELLE ATTIVITÀ DI CAVA
SCHEDA DI PROGETTO
AMBITO N. 7
CEISENA
(Ne)
CARTOGRAFIA DI DETTAGLIO
SCALA
1:5.000
Legenda
Ceisena (07.GE 03)
Limite Ca
Limite areale condizionato
Costa dei Sergi
Colle Ricasola
COSTA DEI SERGI
CEISENA
EXCAVA
T. REPPIA
COSTA CASTELLARO
0 50 100 150 200 m



Scheda PTRAC – cava Ceisena

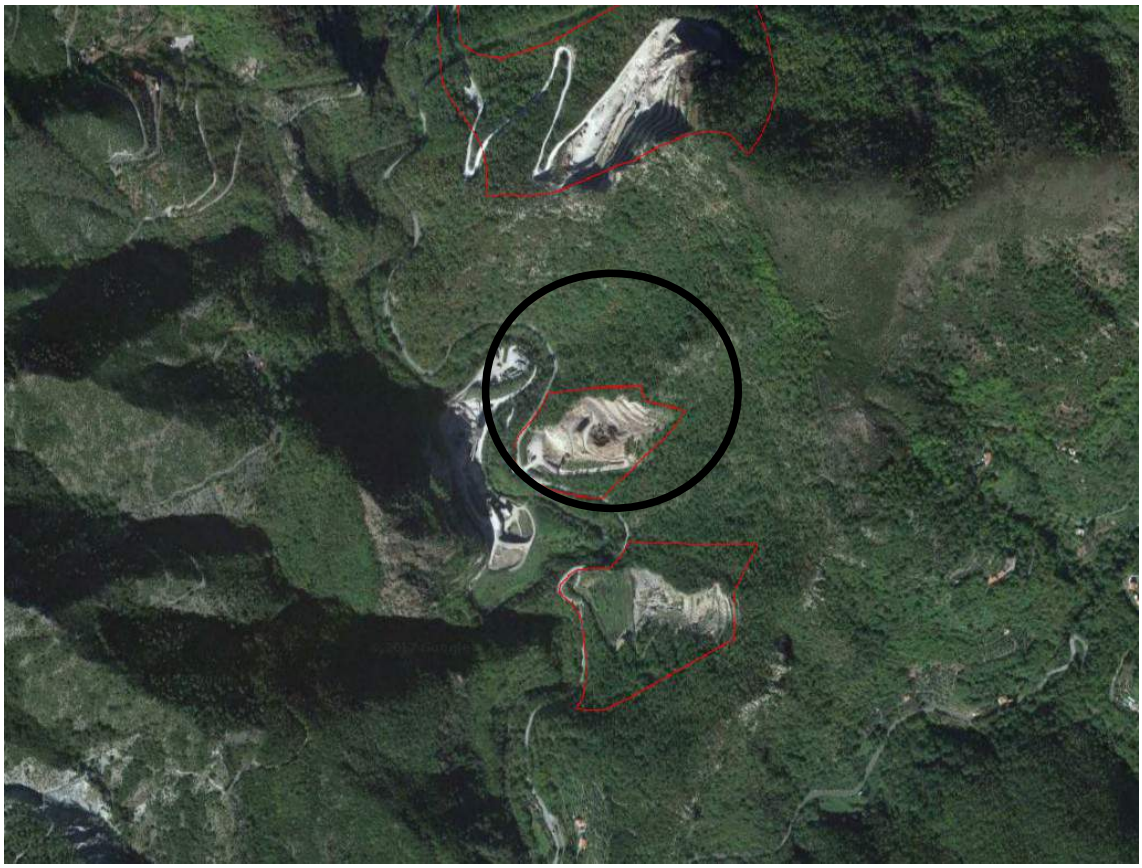


INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU CTR – SCALA 1:10000

Legenda

Aree di cava

Area oggetto di studio



INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU FOTO SATELLITARE – NON IN SCALA

Legenda

Area di studio

Limite zona Ca



INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU FOTO SATELLITARE GOOGLE MAPS 3D – NON IN SCALA

Legenda

Area di studio

2-ELEMENTI AUTORIZZATIVI

La cava Ceisena è stata autorizzata all'attività estrattiva con Decreto Dirigenziale n. 2186 del 08/05/2018.

Si tratta della ripresa di attività estrattiva di una vecchia cava di calcare aperta su di un crinale posto in sponda sinistra del torrente Reppia a livello della strada provinciale, già autorizzata precedentemente nel 2011 da Regione Liguria.

Il progetto prevede l'arretramento del vecchio fronte con la creazione di una gradonatura che si sviluppa essenzialmente lungo l'asse del crinale, così da mantenere una sorta di mascheramento e contenimento laterale della coltivazione.

3-POSIZIONE DELLA CAVA RISPETTO AL P.T.C.P., AL PIANO DI BACINO E AI VINCOLI SUL TERRITORIO

Riguardo ai vincoli esistenti sul territorio, nella zona di cava e su tutta l'area circostante insiste il Vincolo Idrogeologico, di cui al R.D.L. 30/12/1923 n. 3267 e ss.mm. ed ii. e forestale L.R. n. 4 del 22 gennaio 1999 e suo regolamento attuativo "Prescrizioni di massima e Polizia Forestale".

Il sito invece non rientra nell'ambito della perimetrazione delle aree sottoposte alla tutela delle Bellezze Naturali e Panoramiche di cui all'art.5 della Legge 29/6/39 n. 1497, mentre rientra nelle aree vincolate con D.D.M.M. 24/4/85.

La cava non risulta inserita in parchi regionali o statali ed è pure esclusa, dal SIC del Monte Zatta "IT1331909" il cui perimetro, nel punto più vicino, è ad oltre 500 metri dalla cava, sul versante opposto.
L'area di cava non ricade in zona d'interesse carsico così come specificato dalla L.R. 3 Aprile 1990 n. 14.

Per quanto riguarda le indicazioni puntuali del P.T.C.P., di seguito si commentano gli stralci del P.T.C.P., di cui alla Tav. 27 a scala 1:25.000, e alcuni stralci delle carte tematiche allegate agli "Studi propedeutici al P.T.C.P".

a) Assetto geomorfologico:
la cava è classificata Ca in ambito MA, la zona oggetto di studio è quindi MA

b) Assetto vegetazionale:
l'area di cava ricade in zona BAM-CO.
L'obiettivo della disciplina è quello di realizzare un incremento della superficie boscata e/o migliorare il livello qualitativo sotto i profili della funzione ricreativa, delle funzioni ecologiche e della produttività.

c) Assetto insediativo:
la zona è classificata come ANI-MA.
L'obiettivo della disciplina MA è quello di mantenere sostanzialmente inalterati quei caratteri che definiscono e qualificano la funzione della zona in rapporto al contesto paesistico e contestualmente di assicurare, in termini non pregiudizievoli della qualità dell'ambiente, una migliore fruizione collettiva ed un più razionale sfruttamento delle risorse produttive nonché degli impianti e delle attrezzature eventualmente esistenti (art. 52 delle N.A.).

Per quanto riguarda le indicazioni puntuali del P.T.C.P., di seguito si commentano gli stralci del P.T.C.P., di cui alla Tav. 33 a scala 1:25.000, e alcuni stralci delle carte tematiche allegate

agli "Studi propedeutici al P.T.C.P".
Circa l'analisi delle cartografie relative agli "Studi propedeutici al P.T.C.P.", sinteticamente si ha:

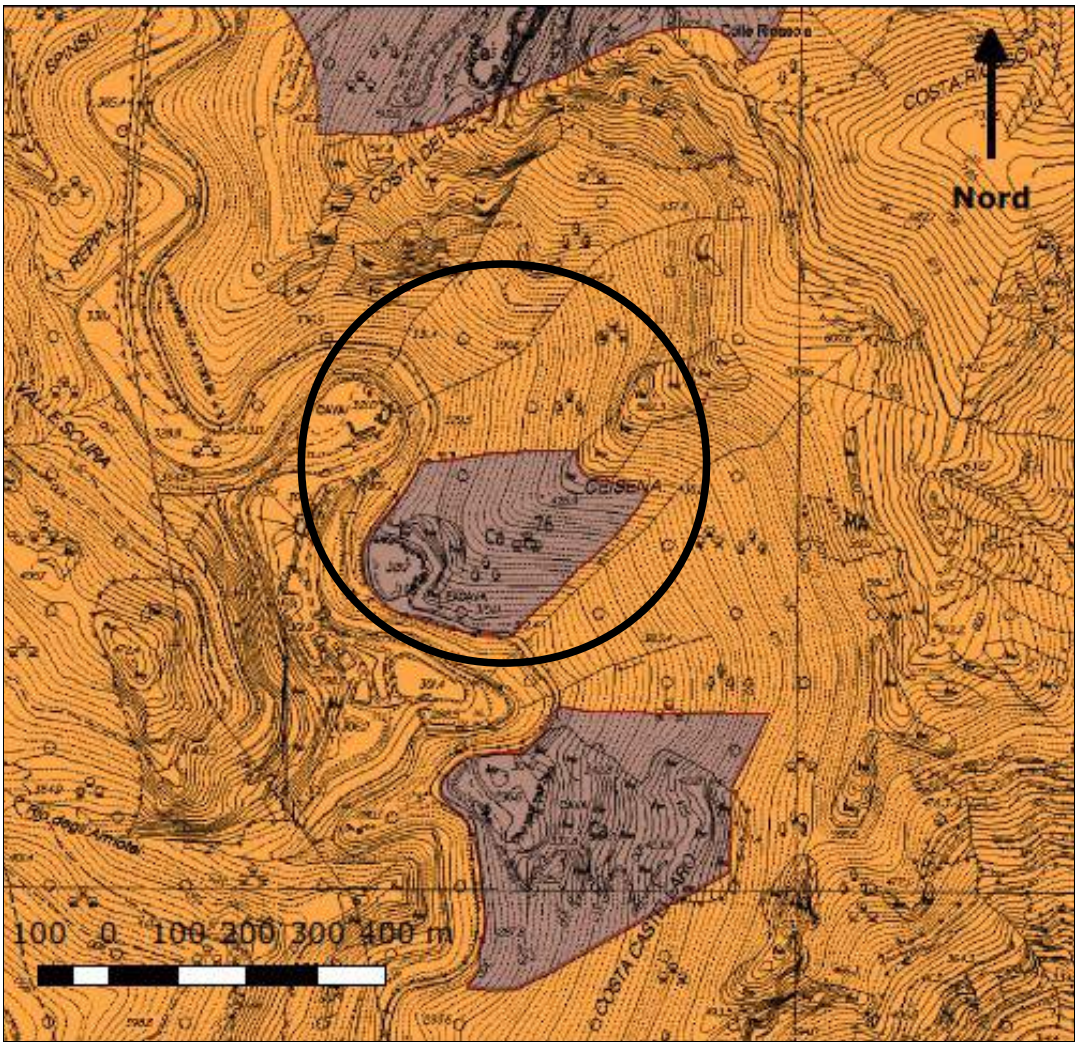
a) Elementi morfologici e idrografici:
Non si rilevano particolari elementi di carattere morfologico e idrografico. E' evidenziata la zona di cava (cave e miniere di rilievo paesaggistico), ed il versante fa parte degli ambiti di "versanti con affioramenti rocciosi".

b) Vegetazione reale:
Viene individuata l'areale di cava come "Dissesto di origine antropica" (D), mentre l'areale al contorno è Bosco di Angiosperme e Arbusteto (B - A).

c) Emergenze storico - archeologiche:
Non si evidenziano emergenze di carattere storico ed archeologico su tutto l'ambito di cava considerato.

d) Paesaggio costruito:
Sulla zona interessata dalla cava non vi sono elementi da segnalare.

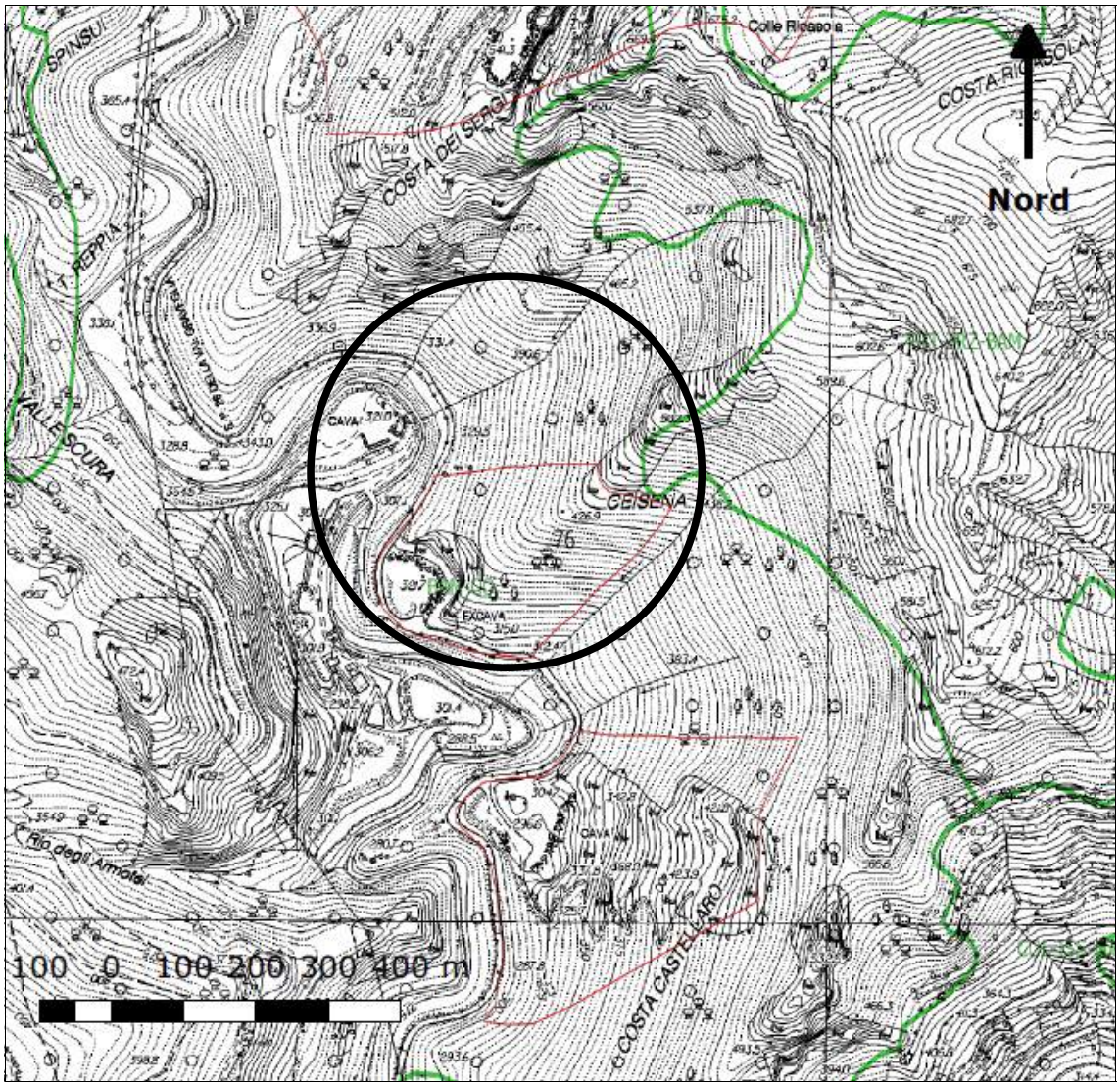
e) Potenzialità per la fruizione attiva:
Per le sue caratteristiche l'area direttamente interessata dalla cava e dintorni non rientra tra le zone classificate come "fruibili".



PTCP ASSETTO GEOMORFOLOGICO – SCALA 1:10000

Legenda

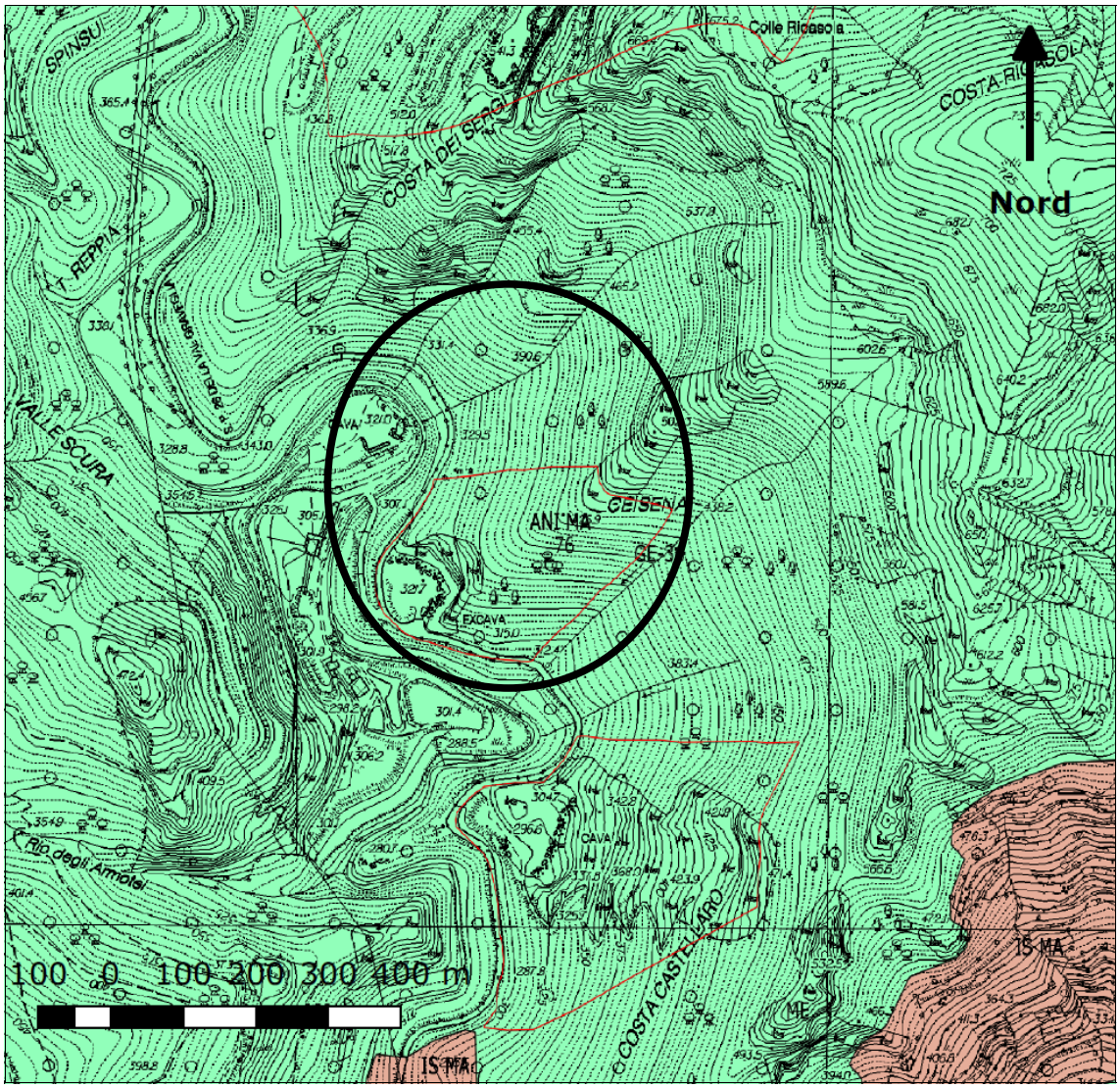
Area di studio



PTCP ASSETTO VEGETAZIONALE – SCALA 1:10000

Legenda

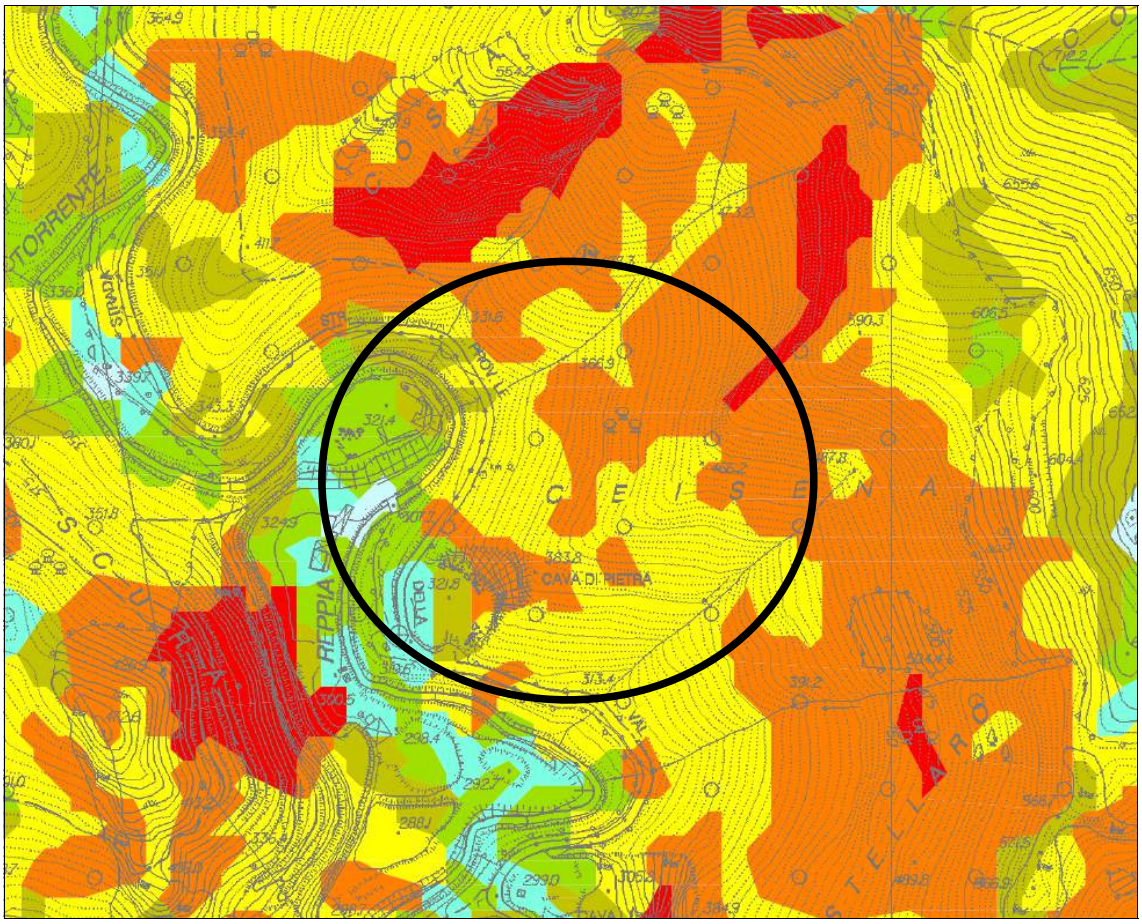
Area di studio



PTCP ASSETTO INSEDIATIVO – SCALA 1:10000

Legenda

Area di studio



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

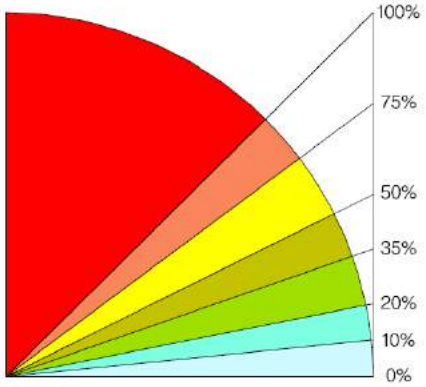
CARTA DELL'ACCLIVITA'

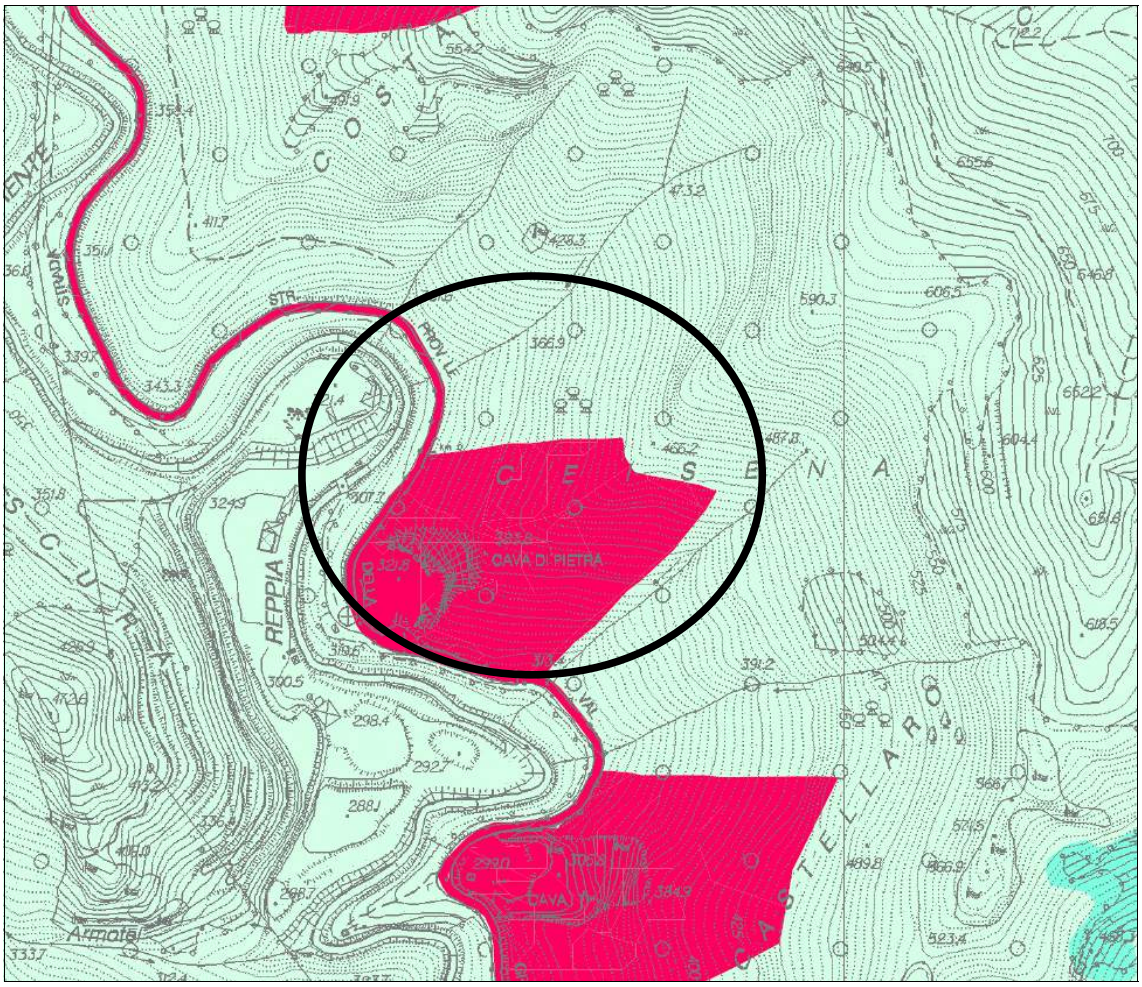
Legenda

Area di studio

CLASSI DI ACCLIVITA'

classe 1	0%	-10%
classe 2	10%	-20%
classe 3	20%	-35%
classe 4	35%	-50%
classe 5	50%	-75%
classe 6	75%	-100%
classe 7	>100%	





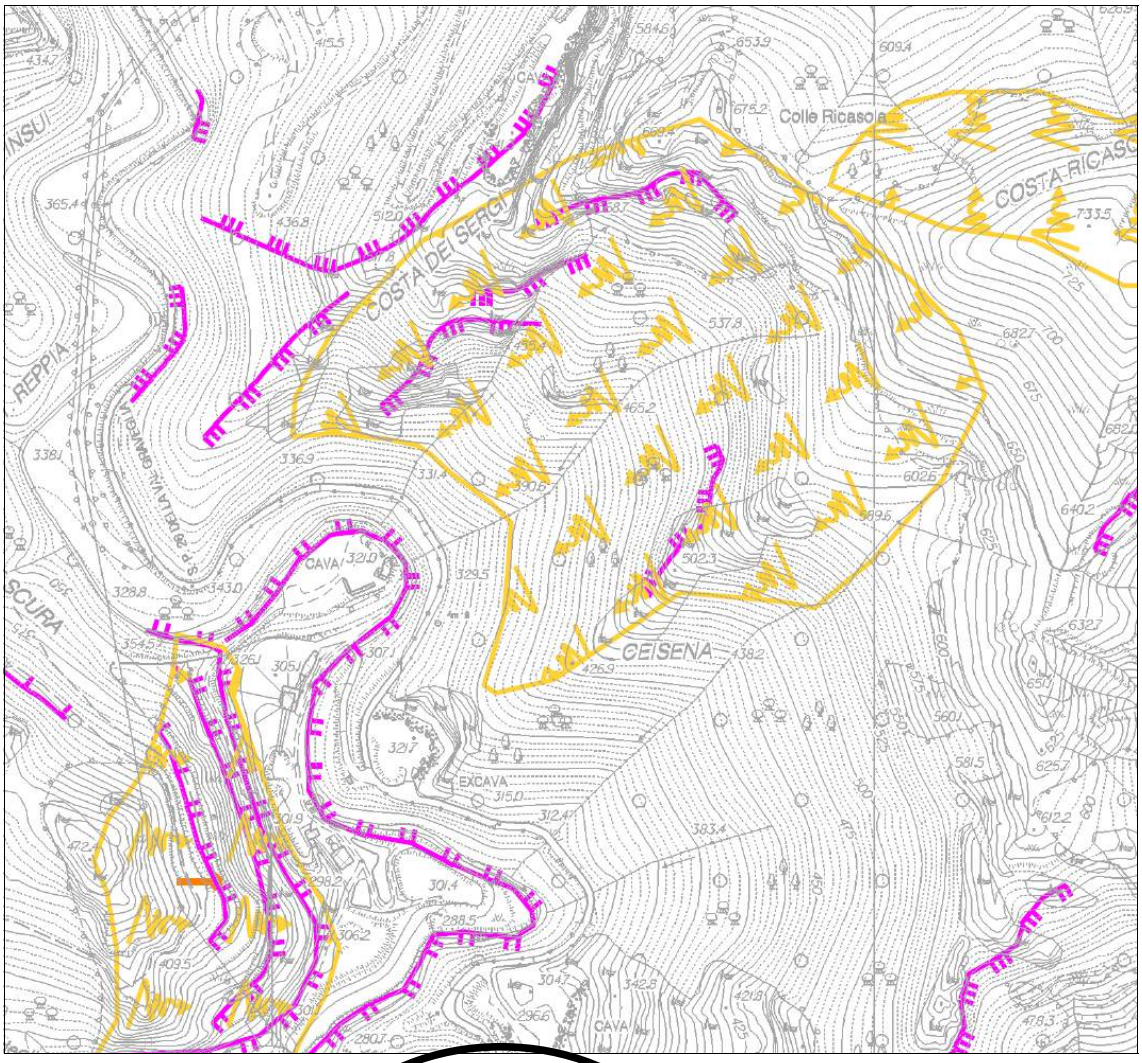
PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 –

CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO

Legenda

Area di studio

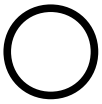
E0	aree disabitate o improduttive
E1	edifici isolati, infrastrutture viarie minori, zone agricole e/o verde pubblico
E2	nuclei urbani, insediamenti industriali,artigianali e commerciali minori, infrastrutture viarie
E3	centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, beni architettonici storici e artistici

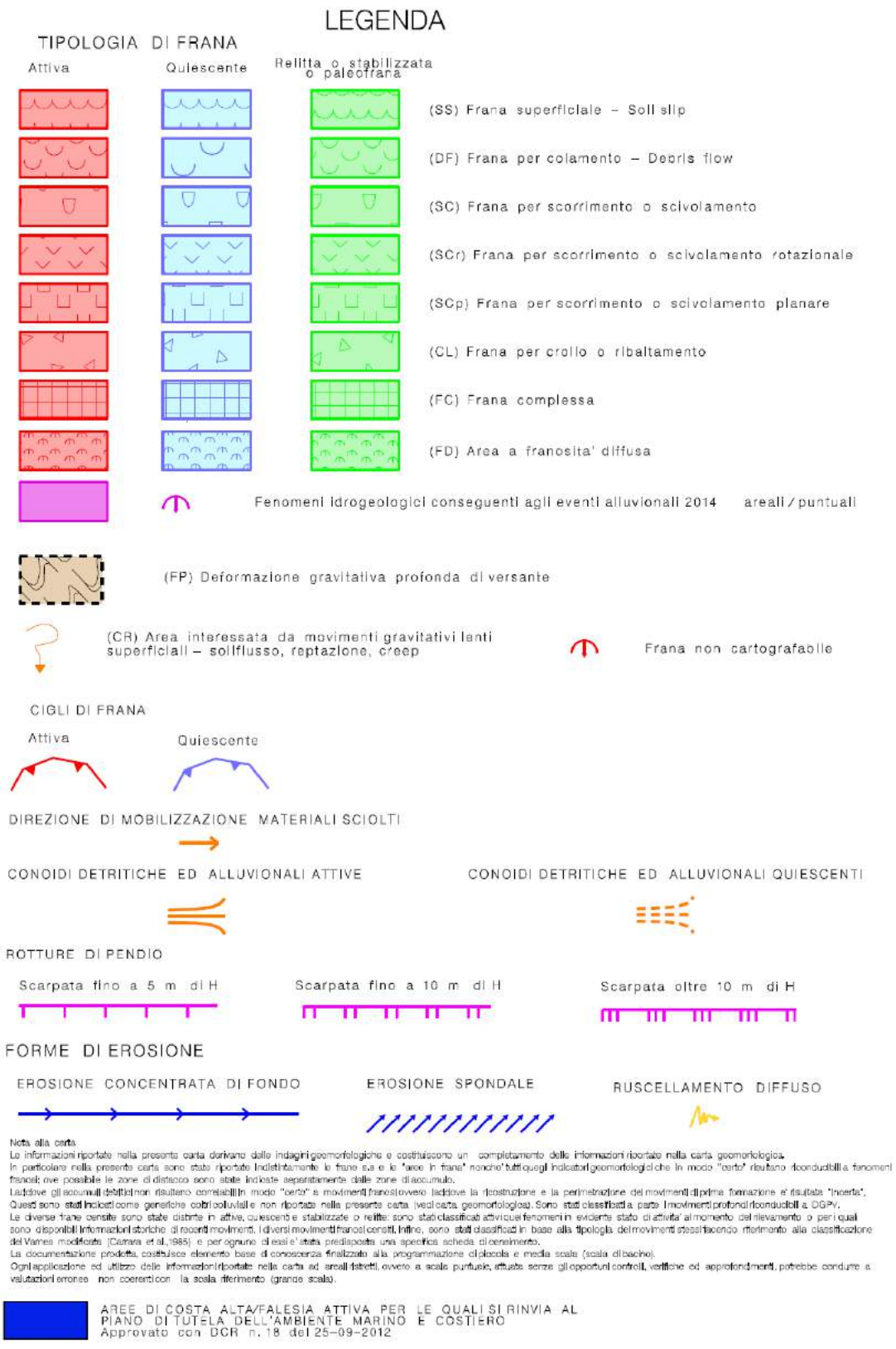


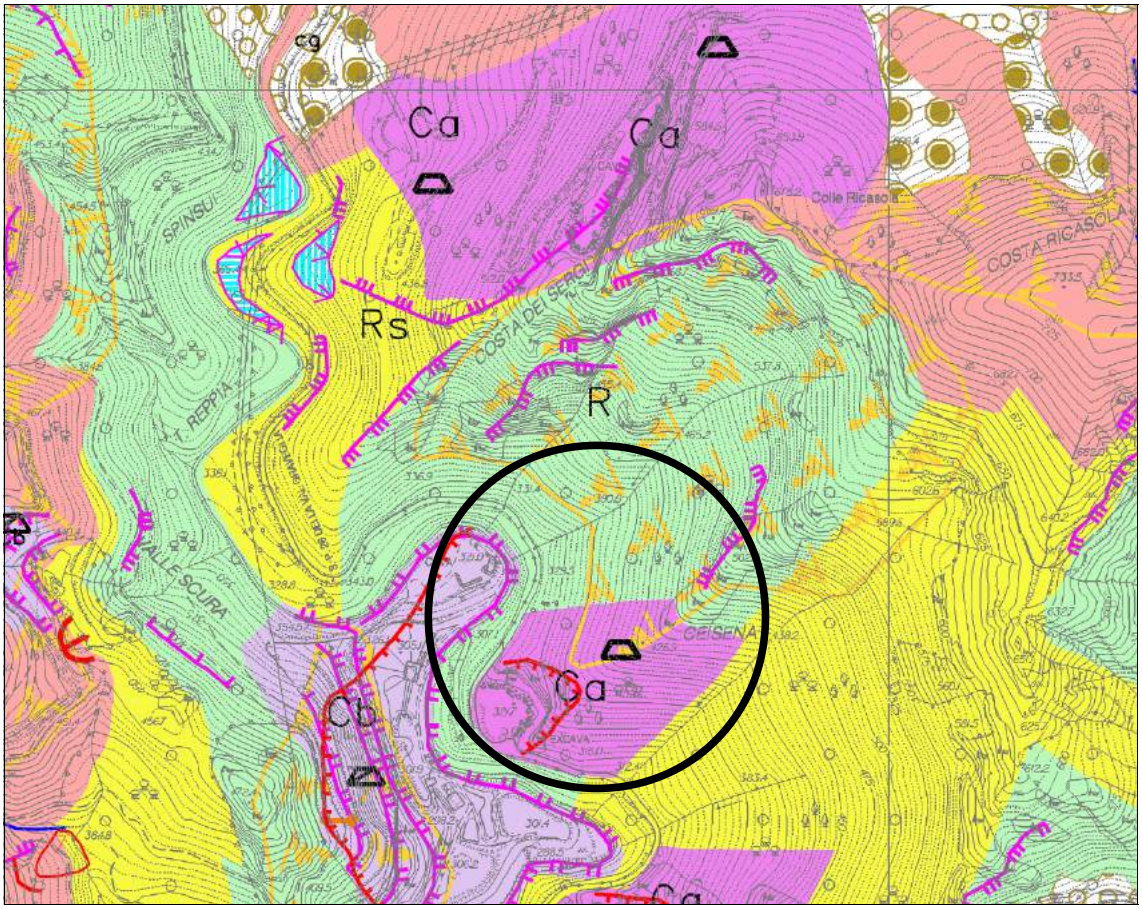
PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

CARTA DELLA FRANOSITA' REALE

Legenda


Area di studio


LEGENDA
TIPOLOGIA DI FRANA
Attiva
Quiescente
Relitta o stabilizzata o paleofrana
(SS) Frana superficiale – Soil slip
(DF) Frana per colamento – Debris flow
(SC) Frana per scorrimento o scivolamento
(SCr) Frana per scorrimento o scivolamento rotazionale
(SCp) Frana per scorrimento o scivolamento planare
(CL) Frana per crollo o ribaltamento
(FC) Frana complessa
(FD) Area a franosita' diffusa
Fenomeni idrogeologici conseguenti agli eventi alluvionali 2014 areali / puntuali
(FP) Deformazione gravitativa profonda di versante
(CR) Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali – soliflusso, reptazione, creep
Frana non cartografabile
CIGLI DI FRANA
Attiva
Quiescente
DIREZIONE DI MOBILIZZAZIONE MATERIALI SCIOLTI
CONOIDI DETRITICHE ED ALLUVIONALI ATTIVE
CONOIDI DETRITICHE ED ALLUVIONALI QUIESCENTI
ROTTURE DI PENDIO
Scarpata fino a 5 m di H
Scarpata fino a 10 m di H
Scarpata oltre 10 m di H
FORME DI EROSIONE
EROSIONE CONCENTRATA DI FONDO
EROSIONE SPONDALE
RUSCELLAMENTO DIFFUSO
Nota alla carta
Le informazioni riportate nella presente carta derivano dalle indagini geomorfologiche e costituiscono un completamento delle informazioni riportate nella carta geomorfologica.
In particolare nella presente carta sono state riportate indistintamente le frane s.s. e le "aree in frana" nonche' tutti quegli indicatori geomorfologici che in modo "certo" risultano riconducibili a fenomeni franosi; ove possibile le zone di distacco sono state indicate separatamente dalle zone di accumulo.
Laddove gli accumuli detritici non risultano correlabili in modo "certo" a movimenti franosi ovvero laddove la ricostruzione e la perimetrazione dei movimenti di prima formazione e' risultata "incerta", questi sono stati indicati come generiche coltri colluviali e non riportate nella presente carta (vedi carta geomorfologica). Sono stati classificati a parte i movimenti profondi riconducibili a DGPV.
Le diverse frane censite sono state distinte in attive, quiescenti e stabilizzate o relitte: sono stati classificati attivi quei fenomeni in evidente stato di attivita' al momento del rilevamento o per i quali sono disponibili informazioni storiche di recenti movimenti. I diversi movimenti franosi censiti, infine, sono stati classificati in base alla tipologia del movimento stesso facendo riferimento alla classificazione del Varnes modificata (Cannara et al.,1985) e per ognuno di essi e' stata predisposta una specifica scheda di censimento.
La documentazione prodotta, costituisce elemento base di conoscenza finalizzato alla programmazione di piccola e media scala (scala di bacino).
Ogni applicazione ed utilizzo delle informazioni riportate nella carta ad areali distretti, ovvero a scale puntuale, attuata senza gli opportuni controlli, verifiche ed approfondimenti, potrebbe condurre a valutazioni errone non coerenti con la scala di riferimento (grande scala).
AREE DI COSTA ALTA/FALESIA ATTIVA PER LE QUALI SI RINVIA AL PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO
Approvato con DCR n. 18 del 25-09-2012

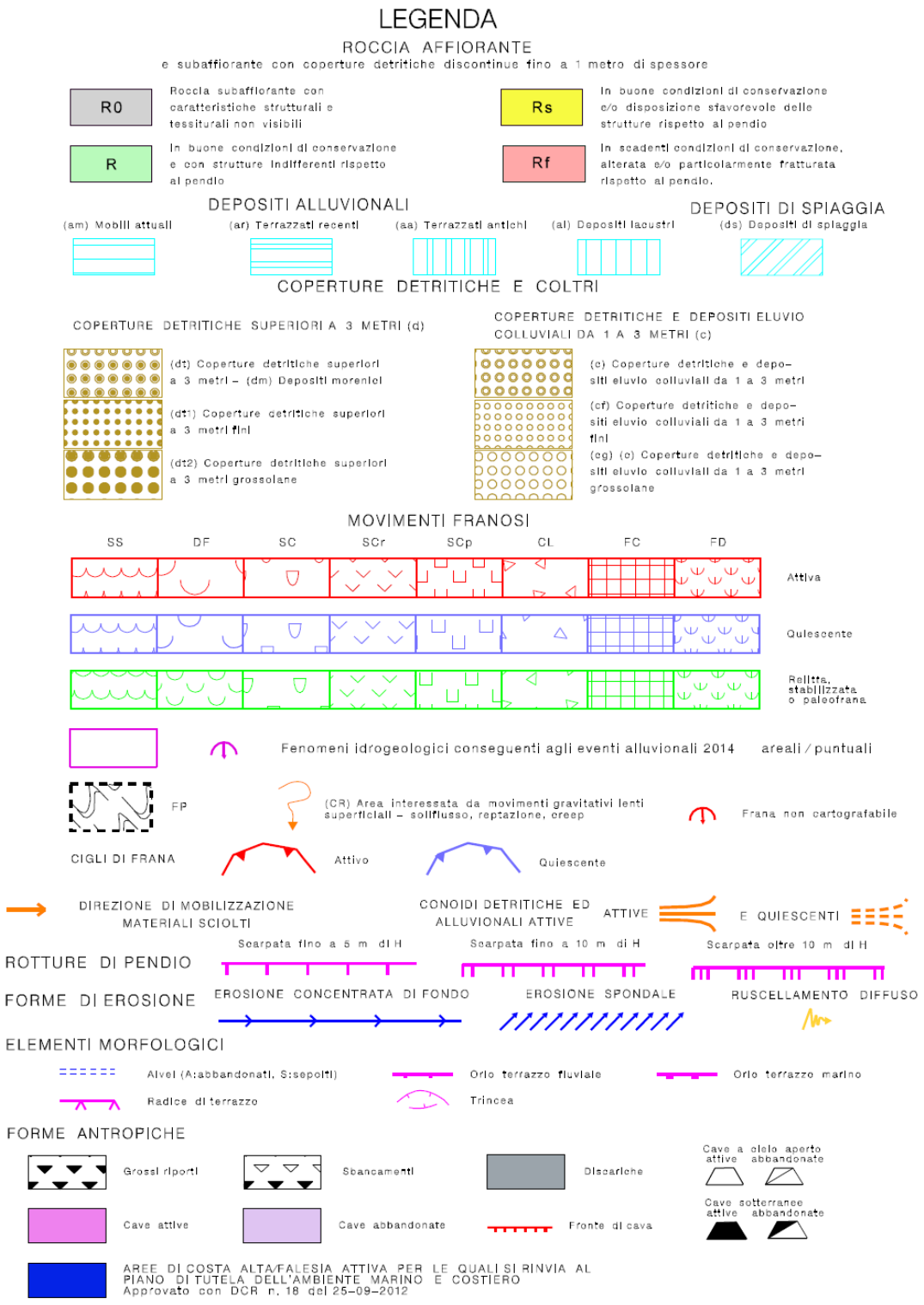


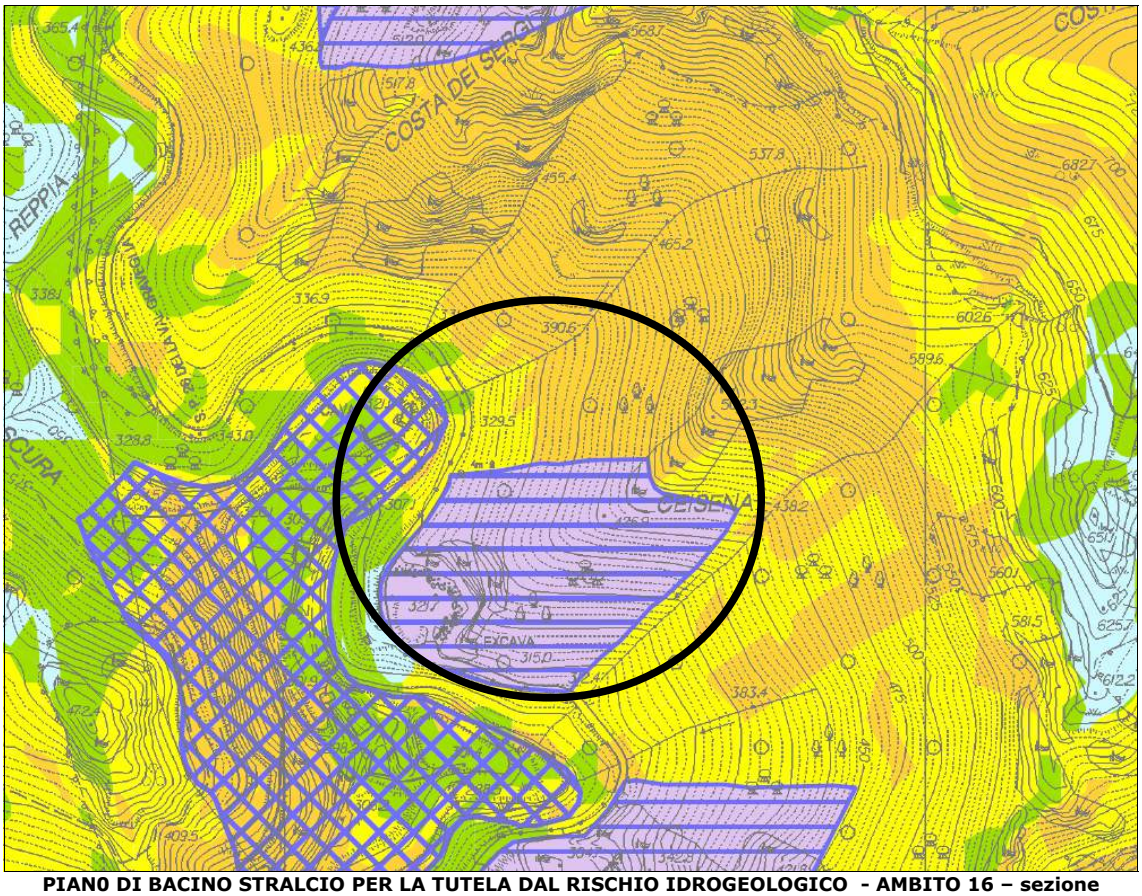
PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

CARTA GEOMORFOLOGICA

Legenda

Area di studio


LEGENDA
ROCCIA AFFIORANTE
e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 metro di spessore
R0
Roccia subaffiorante con caratteristiche strutturali e tessiturali non visibili
Rs
In buone condizioni di conservazione e/o disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio
R
In buone condizioni di conservazione e con strutture indifferenti rispetto al pendio
Rf
In scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio.
DEPOSITI ALLUVIONALI
(am) Mobili attuali
(ar) Terrazzati recenti
(aa) Terrazzati antichi
(al) Depositi lacustri
DEPOSITI DI SPIAGGIA
(ds) Depositi di spiaggia
COPERTURE DETRITICHE E COLTRI
COPERTURE DETRITICHE SUPERIORI A 3 METRI (d)
(dt) Coperture detritiche superiori a 3 metri – (dm) Depositi morenici
(dt1) Coperture detritiche superiori a 3 metri fini
(dt2) Coperture detritiche superiori a 3 metri grossolane
COPERTURE DETRITICHE E DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI DA 1 A 3 METRI (c)
(c) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri
(cf) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri fini
(cg) (c) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri grossolane
MOVIMENTI FRANOSI
SS
DF
SC
SCr
SCp
CL
FC
FD
Attiva
Quiescente
Relitta, stabilizzata o paleofrana
Fenomeni idrogeologici conseguenti agli eventi alluvionali 2014
areali / puntuali
FP
(CR) Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali – soliflusso, reptazione, creep
Frana non cartografabile
CIGLI DI FRANA
Attivo
Quiescente
DIREZIONE DI MOBILIZZAZIONE MATERIALI SCIOLTI
CONOIDI DETRITICHE ED ALLUVIONALI ATTIVE
ATTIVE
E QUIESCENTI
ROTTURE DI PENDIO
Scarpata fino a 5 m di H
Scarpata fino a 10 m di H
Scarpata oltre 10 m di H
FORME DI EROSIONE
EROSIONE CONCENTRATA DI FONDO
EROSIONE SPONDALE
RUSCELLAMENTO DIFFUSO
ELEMENTI MORFOLOGICI
Alvei (A:abbandonati, S:sepolti)
Orlo terrazzo fluviale
Orlo terrazzo marino
Radice di terrazzo
Trincea
FORME ANTROPICHE
Grossi riporti
Sbancamenti
Discariche
Cave a cielo aperto attive abbandonate
Cave attive
Cave abbandonate
Fronte di cava
Cave sotterranee attive abbandonate
AREE DI COSTA ALTA/FALESIA ATTIVA PER LE QUALI SI RINVIA AL PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO
Approvato con DCR n. 18 del 25-09-2012



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

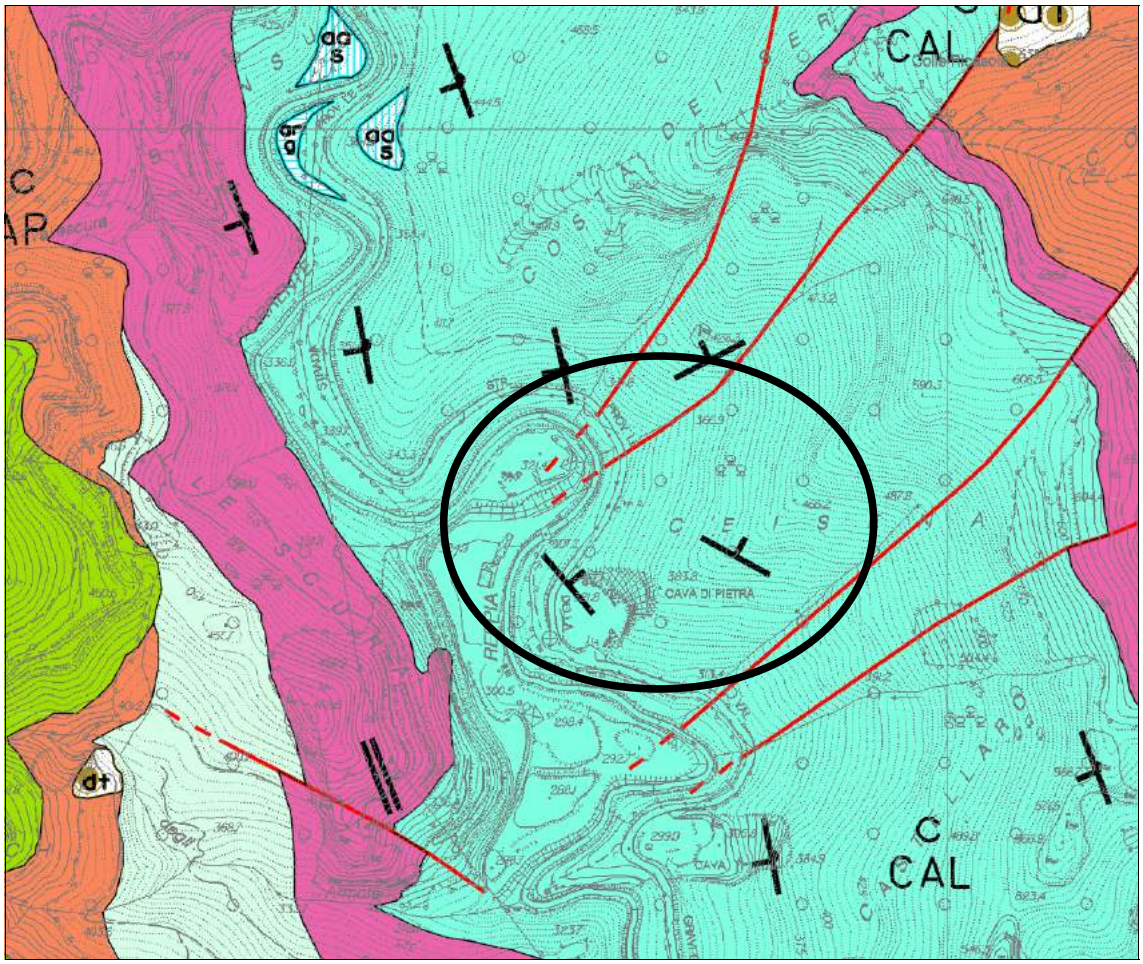
CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO

Legenda

Area di studio

LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		NORME DI ATTUAZIONE
MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3–ter Art. 16ter
MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
CLASSI SPECIALI		
TIPO A – Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
TIPO B_1 – Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
TIPO B_2 – Discariche dismesse e riporti antropici		Art. 16bis, c. 5
Aree di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

CARTA GEOLITOLOGICA

Legenda

Area di studio

LEGENDA

DEPOSITI ALLUVIONALI

(am) Mobili attuali

(ar) Terrazzati recenti

(aa) Terrazzati antichi

(al) Depositi lacustri

DEPOSITI DI SPIAGGIA

(ds) Depositi di spiaggia

COPERTURE DETRITICHE POTENTI (superiori a mt. 3)

(dt) Coperture detritiche superiori a 3 metri – (dm) Depositi morenici

(gr) Grossi riporti

LIMITI FORMAZIONALI

certi

presunti

GIACITURE DEGLI STRATI

orizzontali

verticali

inclinati

rovesciati

contorti

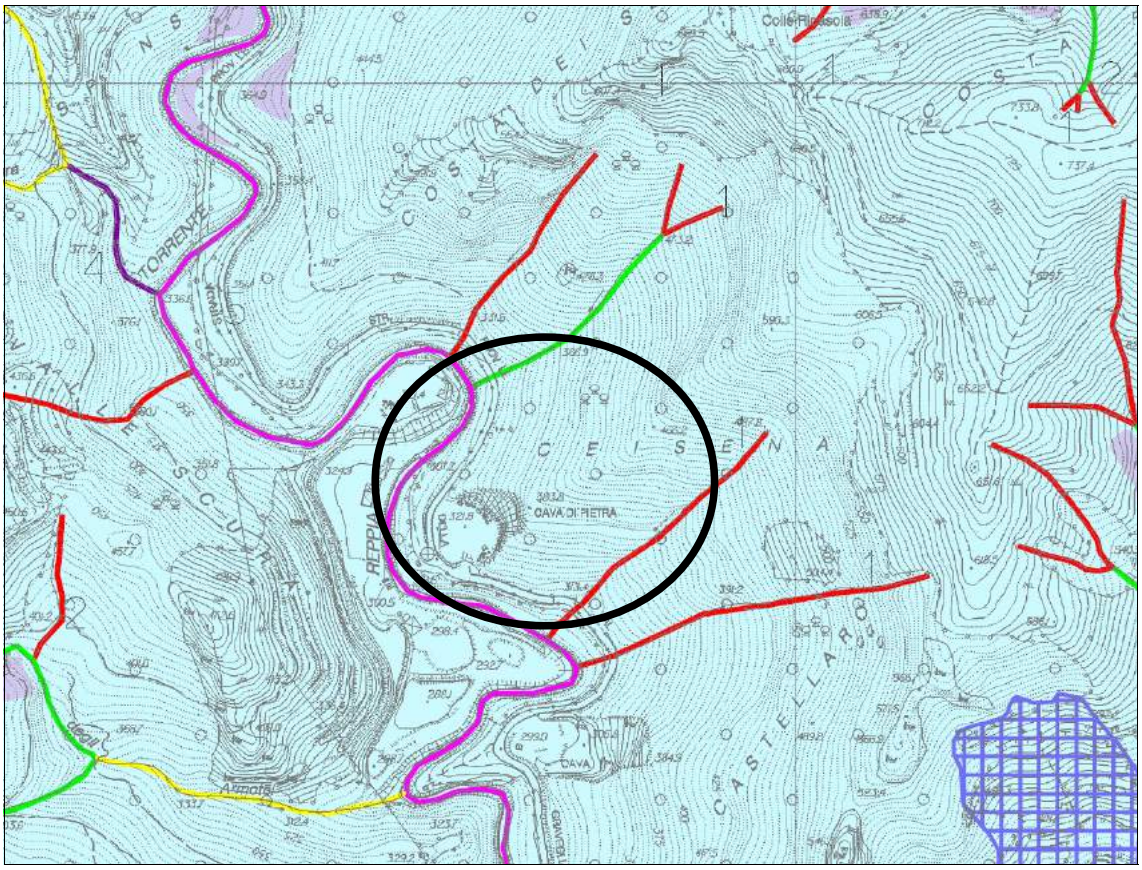
FAGLIE

certe

presunte

LITOLOGIE

maSOP	MARNE (Marne di Sopralacroce)
arCSU	ARENARIE (Arenarie di Casanova)
bcCSU	BRECCE (Formazione delle Arenarie di Casanova)
dbCSU	DIABASI E BASALTI (Formazione delle Arenarie di Casanova)
srCSU	SERPENTINITI (Formazione delle Arenarie di Casanova)
agGTT	ARGILLITI (Argilliti di Gialette)
arGOT	ARENARIE (Arenarie del Monte Gottero)
maLVG	MARNE (Formazione della Val Lavagna)
agLVG	ARGILLITI (Formazione della Val Lavagna)
agGIC	ARGILLITI (Argille a palombini del Lago di Giacoplane)
cCAL	CALCARI (Calcari a calpionella)
dMAL	DIASPRI (Diaspri di Monte Alpe)
bcCAP	BRECCE (Brecce di Monte Capra)
bcBVG	BRECCE (Brecce Unita' Bracco–Gravegli a)
dbBVG	DIABASI E BASALTI (Unita' Bracco–Gravegli a)
gbBVG	GABBRI (Unita' Bracco–Gravegli a)
srBVG	SERPENTINITI (Unita' Bracco–Gravegli a)



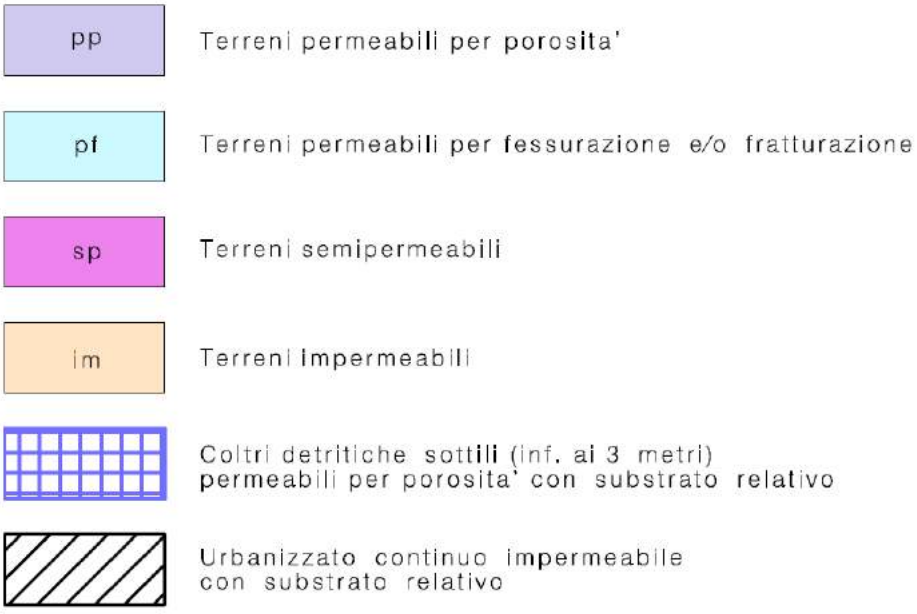
PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

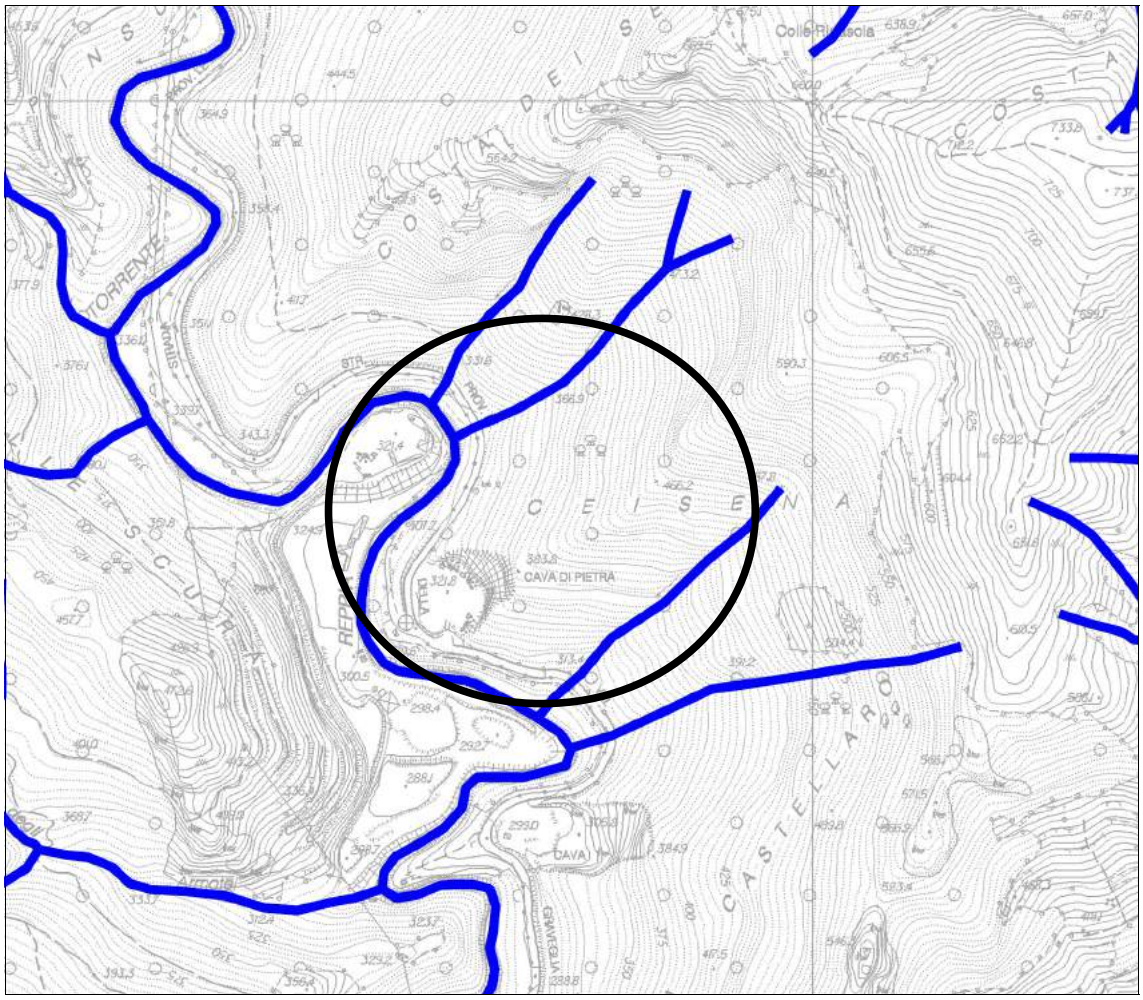
CARTA IDROGEOLOGICA

Legenda

Area di studio

LEGENDA


pp
Terreni permeabili per porosita'
pf
Terreni permeabili per fessurazione e/o fratturazione
sp
Terreni semipermeabili
im
Terreni impermeabili
Coltri detritiche sottili (inf. ai 3 metri)
permeabili per porosita' con substrato relativo
Urbanizzato continuo impermeabile
con substrato relativo
Pozzi e/o derivazioni d'acqua
A uso potabile
B uso industriale
C uso irriguo
D uso misto
Sorgenti captate
A uso potabile
B uso industriale
C uso irriguo
D uso misto
Sorgenti non captate
Reticolo idrografico gerarchizzato secondo Strahler
1 2 3 4 5 6 7



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

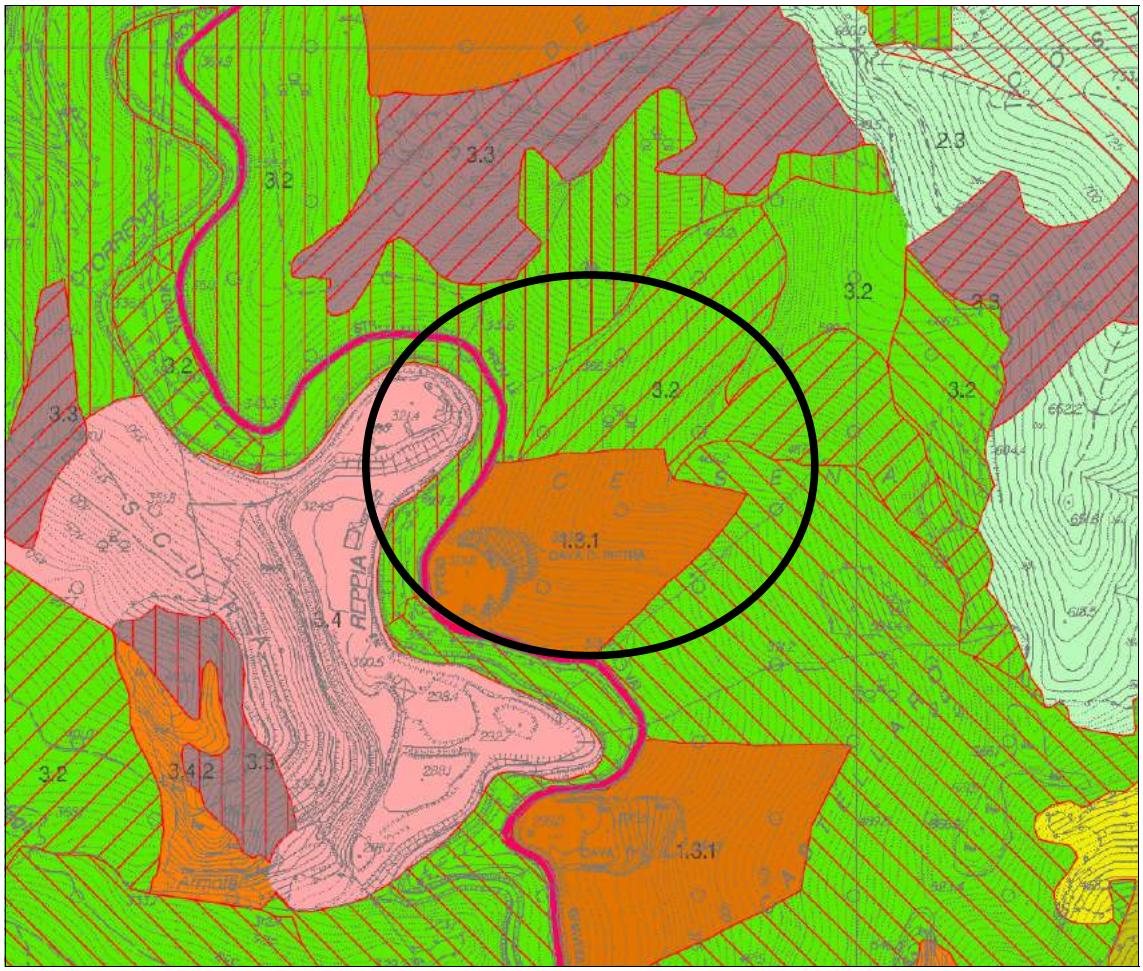
CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Legenda

Area di studio

Limite del Piano di Bacino

Reticolo idrografico



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

CARTA DELL'USO DEL SUOLO

Legenda

Area di studio

LEGENDA


1.1.1. Tessuto urbano continuo
1.1.2. Tessuto urbano discontinuo
1.1.3. Case sparse
1.2.1. Aree industriali o commerciali
1.2.2. Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori
Viabilita' principale (strade statali e provinciali)
Viabilita' secondaria
1.2.3. Aree portuali
1.3.1. Aree estrattive
1.3.2. Discariche
1.4.1. Aree verdi urbane
1.4.2. Aree sportive e ricreative
2.1. Seminativi
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
2.1.2. Seminativi in aree irrigue
2.1.2.1. Seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria
2.1.2.2. Seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra
2.2. Colture permanenti arboree
2.2.1. Vigneti (a); vigneti terrazzati (b)
2.2.2. Frutteti (a); frutteti terrazzati (b)
2.2.3. Oliveti (a); oliveti terrazzati (b)
2.3. Prati e pascoli
2.4. Zone agricole eterogenee
2.5. Ex coltivi (a); ex coltivi terrazzati (b)
3.1. Praterie
3.2. Zone boscate
3.3. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva (a); zone caratterizzate da vegetazione arbustiva terrazzate (b)
3.4. Zone con vegetazione rada o assent
3.4.1. Spiagge, dune
3.4.2. Rocce nude
3.4.3. Aree con vegetazione rada
3.4.4. Aree incendi recenti inf. 2 anni
4.1. Zone umide interne
5.1.1. Corsi d'acqua, canali largh. minima alveo mt 10
Cave abbandonate a cielo aperto
Cave attive a cielo aperto
EFFICIENZA IDROGEOLOGICA
1 alta
2 media
3 bassa



PIAN0 DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO - AMBITO 16 – sezione 232020 *(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)*

CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Legenda

Area di studio

AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

AREE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

LIMITE DEL PIANO DI BACINO

4-STATO ATTUALE DEL SITO ESTRATTIVO

Come previsto in progetto, dalla data di apertura della cava sono stati fatti i lavori preparatori alla coltivazione con particolare riferimento alla realizzazione di terre armate lungo la strada provinciale, al limite del piazzale esistente, la creazione della rete drenante, la vasca di sedimentazione delle acque, la vasca di lavaggio ruote, la recinzione, il cancello e l'impianto di regolamentazione traffico sulla strada.

Nel 2015 è terminata la costruzione della strada di servizio (già iniziata nel 2012) che dal piazzale sale sino alle quote superiori e percorsa sia dai mezzi di scavo che quelli per il trasporto del materiale cavato.

Come da progetto, detta strada sale progressivamente sino al primo piazzale superiore a quota 370 circa, formando un tornante a quota 352 metri.

Nel tratto soprastante la strada provinciale è stata realizzata una barriera di protezione con rete metallica alta 2 m sostenuta cavi e da pali in acciaio infissi nella roccia.

La coltivazione vera e propria si è sviluppata a partire da quota 370 m con la creazione di un piazzale che viene utilizzato per il carico del materiale abbattuto.

Da detto piazzale si diparte una ripida rampa che, mantenendosi sulla parte sinistra del fronte, si porta sino alla quota massima di 430 m prevista in progetto.
Da qui è iniziato lo sbasso del versante per formare i gradoni provvisori previsti a quota 415 m – 400 e 385 m. Di questi sono stati completati i gradoni a quota 430 e 415 m e 400m ove è stata posta a dimora anche terra di riporto per il recupero ambientale. Il gradone a quota 385m e 370 è terminato ed è in fase di lavorazione il gradone a quota 355 e 340m (nel lato destro).

E' quasi completata la pista di arroccamento sulla sx da q.ta 380 a q.ta 360 Rimane ancora invariata la pista di arroccamento lato dx da q.ta 325 al tornante di q.ta 355.

Come prescritto lo scavo è stato condotto con il metodo del gradino diritto, dall'alto verso il basso, utilizzando modeste volate di mina, seguendo per quanto possibile le geometrie progettuali, tenendo conto anche della stratificazione e delle superfici di discontinuità della roccia per evitare il crearsi di situazioni potenzialmente instabili.

5-INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

Per meglio descrivere geologicamente la zona esaminata è necessario ripercorrere le tappe evolutive del territorio prendendo in esame le varie formazioni rocciose ed i loro rapporti, anche in un contesto di più ampia visione che comprende il complesso della catena montuosa.

Ciò perché le spinte tettoniche generarono grandi piegamenti, faglie, fratturazioni e causarono l'accavallamento di varie unità con grandi e piccoli scompaginamenti, disarticolazioni complesse talvolta di difficile interpretazione.

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-toscano ed un Insieme Interno Ligure-emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale, appartenente alla Placca Apula (Adriatico-Padana *Auctt.*) su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria. L'insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee basiche ed ultrabasiche tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti.

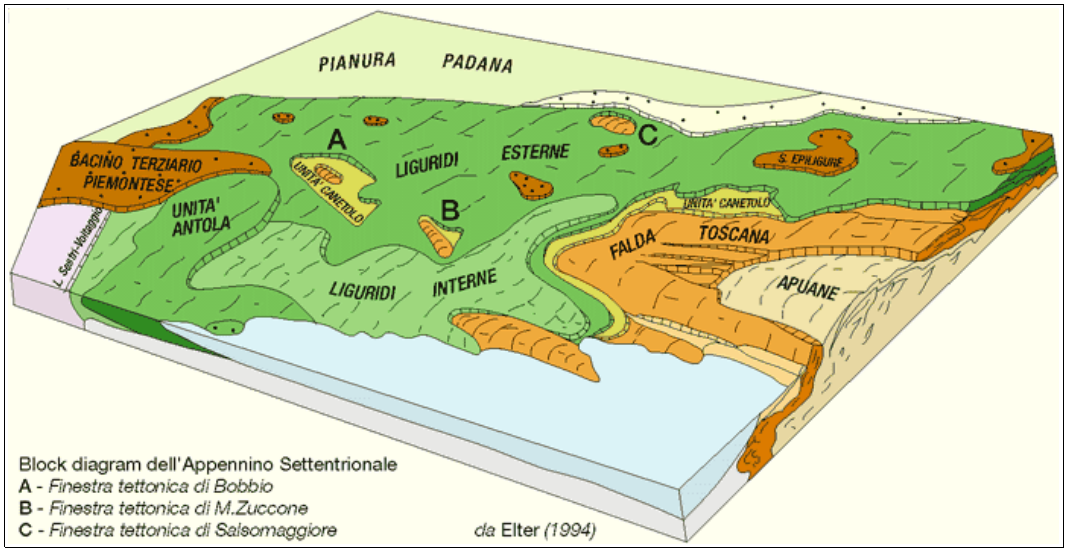


Fig. 1: Schema tettonico dell'appennino ligure-toscoemiliano (da Elter 1994, ridisegnato)

Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avampaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

Da un punto di vista geodinamico più generale l'Oceano Ligure (o Ligure-piemontese se si tiene conto del suo prolungamento nelle Alpi), da cui sono derivate queste unità, costituiva la separazione fra continente iberico-europeo da un lato e continente apulo-africano dall'altro, i cui margini hanno rappresentato gli avampaesi rispettivi delle Alpi e dell'Appennino.

Dalla sua subduzione hanno avuto origine unità alloctone obdotte con vergenza opposta, nell'una e nell'altra catena. La storia strutturale dell'Insieme Ligure-emiliano è perciò complessa: una parte delle unità tettoniche che lo costituiscono, prima di essere implicata nella tettonica miocenica a vergenza appenninica (apula), ha partecipato, nelle fasi deformative precoci, anche a deformazioni alpine a convergenza principalmente europea.

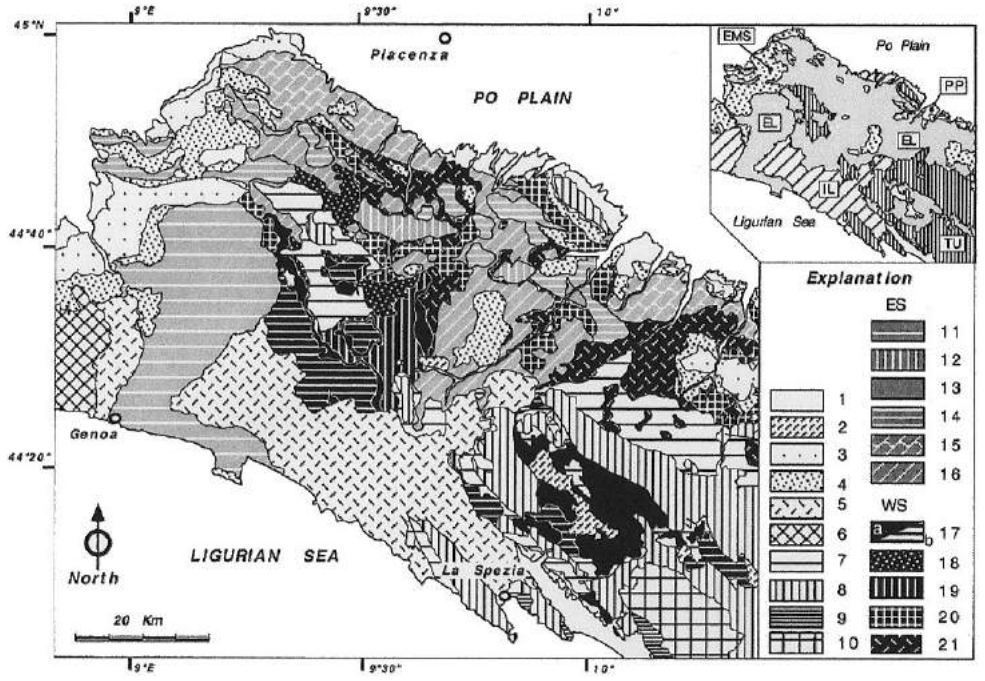


Figure 3. Tectonic sketch map of the Northern Apennines. 1. Plio–Quaternary deposits; 2. Plio–Pleistocene Intramontane Basins; 3. Miocene sedimentary sequences of the Tertiary Piedmont and Epiligurian; 4. Upper Eocene– Oligocene Epi–mesoalpine sedimentary sequences of the Tertiary Piedmont and Epiligurian; 5. Internal Liguride units; 6. Sestri–Voltaggio Zone and Voltri Group; 7. Canetolo units; 8. Tuscan Nappe; 9. Massa unit; 10. Low-grade metamorphic Tuscan units (Apuan Alps window). ES (Eastern successions; grey back-ground): 11. Antola unit; 12. Farini unit; 13. Solignano unit; 14. Cassio unit; 15. Sporno unit; 16. Media Val Taro unit. WS (Western successions; black background): 17a. Ottone unit (Elminthoid flysch); 17b. Ottone unit (Casanova Complex); 18. Mt. delle Tane unit; 19. Orocco unit; 20. Groppallo unit; 21. Caio and Bettola units. PP – Plio–Pleistocene deposits; EMS – Epimesoalpine successions; IL – Internal Liguride units; EL – External Liguride units; TU – Tuscan and Umbrian units.

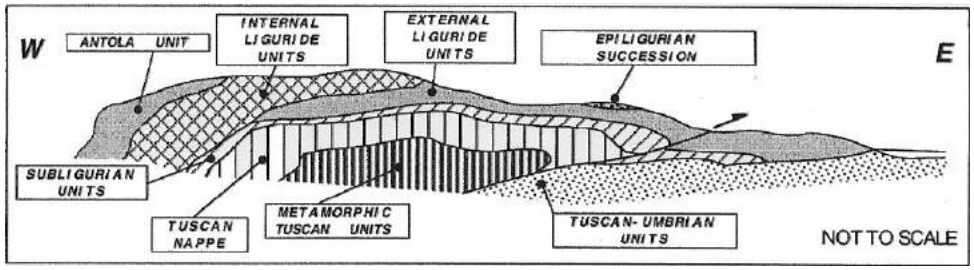


Fig. 2: Schema tettonico dell'appennino e sezione generale (da Marroni et al., 2001)

Il **Dominio Ligure**, presente nella zona di studio, comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla solo parzialmente sul secondo, poggiando per il resto anche direttamente sulla Falda Toscana con l'interposizione della sola Unità di Canetolo.

Pur essendo entrambi caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un diverso significato nell'uno e nell'altro dominio.

Le Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche in quanto le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria: esse rappresentano pertanto frammenti del fondo marino mesozoico. I primi sedimenti che le ricoprono e che datano l'apertura dell'oceano, sono i diaspri del Giurassico superiore.
Nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, essendo questa ultima scollata dalla sua originaria base evidentemente in corrispondenza di formazioni argillose del Cretaceo medio-superiore (i cosiddetti *"Complessi*

di base").

Le ofioliti compaiono invece come masse, anche di dimensioni plurichilometriche (talvolta accompagnate da residui di una copertura giurassico-cretacica mt.), scivolate in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico sup. e pertanto intercalate in quei sedimenti. Esse sono sempre accompagnate da un vistoso detritismo sottomarino *(debris-flows, slides blocks,* ecc.) costituito da un misto di elementi ofiolitici e sedimentari e sono esse stesse da considerarsi come megaclasti rimaneggiati.

Queste ofioliti dislocate ed in un certo senso estranee alla successione, mentre non danno alcuna indicazione sulla natura del substrato originario del bacino, sono invece un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo, situato verosimilmente al limite fra Ligure Interno ed Esterno.

A questo rilievo ipotetico, i cui primi prodotti compaiono dall'inizio del cretaceo superiore e che avrebbe in qualche modo separato i due domini, è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

Dominio Ligure interno

Comprende tre unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Graveglia e l'Unità Gottero. (Supergruppo della Val di Vara Auct.).

Nell'Unità Bracco-Val Graveglia è rappresentata la parte basale della successione con le ofioliti: queste compaiono spesso come nuclei di grandi pieghe coricate, sormontate dalla loro copertura sedimentaria.

Fra le ofioliti si può distinguere una "base" di peridotiti con inglobate masse magmatiche di gabbri ed ultramafiti cumulitiche. Su questo substrato, già deformato in ambiente oceanico, poggiano in discordanza i basalti che sono invece concordanti con i sedimenti soprastanti e fanno perciò parte della copertura.

Le condizioni sono quelle di un fondo accidentato da un'attività tettonica precoce collegabile con le fasi iniziali di apertura e di espansione oceanica. Ne sono indizi le rapide variazioni di spessore, la marcata discontinuità dei basalti e la presenza di detritismo ofiolitico (oficalciti, Brecce di case Boeno, di M. Capra, M. Rossola, M. Zenone, ecc.) che denota la presenza di scarpate attive.

La copertura sedimentaria è costituita alla base da Diaspri del Giurassico superiore in parte intercalati ai basalti.

Questi sono seguiti da Calcari a Calpionelle nel Cretaceo basale e poi da argille profonde cui si intercalano strati di calcilutiti torbiditiche (Argille a palombini) che si estendono fino all'inizio del Cretaceo superiore.

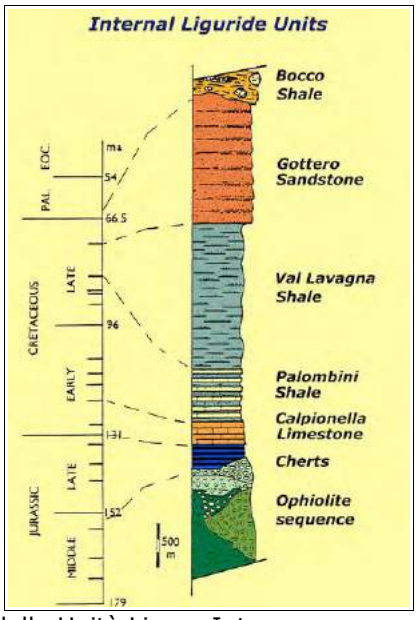


Fig. 3: Schema stratigrafico della Unità Ligure Interna

I termini inferiori di questa successione risentono ancora della morfologia irregolare del fondo oceanico, con discontinuità e rapide variazioni di spessore tendenzialmente coincidenti con quelle dei basalti.

Queste condizioni perdurano fino all'inizio del cretaceo ma cessano con le Argille a palombini che livellano le asperità, sedimentandosi uniformemente su tutto il fondo.

Infine la successione termina con forte discontinuità nella sedimentazione a causa del contatto tettonico con le altre unità, oppure perché sormontata in discordanza e profondamente canalizzata da una formazione caotica di età paleocenica (Formazione di Colli-Tavarone) contenente blocchi e *debris flows* di ofioliti e di elementi della loro copertura sedimentaria (anche più recenti delle Argille a palombini).

Questo nuovo detritismo ofiolitico, che è comune anche alle altre Unità Liguri Interne, si differenzia nettamente dal precedente e appare come la ripercussione di movimenti orogenetici convergenti e della surrezione di nuovi rilievi che potrebbero rappresentare un'ulteriore evoluzione della cosiddetta "Ruga del Bracco".

Le Unità Gottero e Colli Tavarone(-Serò) sono invece costituite da successioni scollate, in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, e comprendono anche termini più recenti che non compaiono nell'Unità Bracco-Vai Graveglia.

Nell'Unità Gottero le Argille a palombini sono seguite, a partire dal Santoniano, dalla Formazione della Val Lavagna che passa a sua volta alle Arenarie di M. Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano). Si tratta di due potenti formazioni torbiditiche, prima in facies distale e poi decisamente prossimale con alimentazione meridionale (Massiccio Sardo-Corso?).

Nell'Unità Colli-Tavarone(Serò) le Argille a palombini sono sormontate dai soli Scisti della Val Lavagna e solo localmente da pochi strati di Arenarie del Gottero.

Ambedue le successioni si chiudono a tetto con la comparsa degli "scisti a blocchi" paleocenici che contengono clasti ofiolitici e sedimentari, apparentemente più prossimali nell'Unità Colli-Tavarone(-Serò) (Formazione di Colli-Tavarone) e più distali in quella del Gottero (Formazione di Giaiette).

Evoluzione Tettonica

L'edificazione del settore settentrionale della Catena appenninica è il risultato di una storia strutturale complessa le cui fasi possono essere raggruppate in due cicli principali ben distinti fra loro.

Il primo comprende le cosiddette Fasi liguri ed ha interessato esclusivamente l'insieme interno, prima che si verificasse la sua traslazione sull'avampaese toscano. Esso si conclude con la "trasgressione" eocenica superiore-oligocenica del Bacino Terziario Piemontese sulle Liguridi Interne e del suo corrispondente (un po' più distale), rappresentato dalla Successione Epiligure, sul Liguride Esterno.

Il secondo ciclo comprende le Fasi dette toscane (che si manifestano per tutto il Miocene) e corrisponde alla messa in posto delle Liguridi, in gran parte già strutturate nel ciclo precedente, sull'insieme Esterno e alla contemporanea evoluzione tettonica di quest'ultimo.

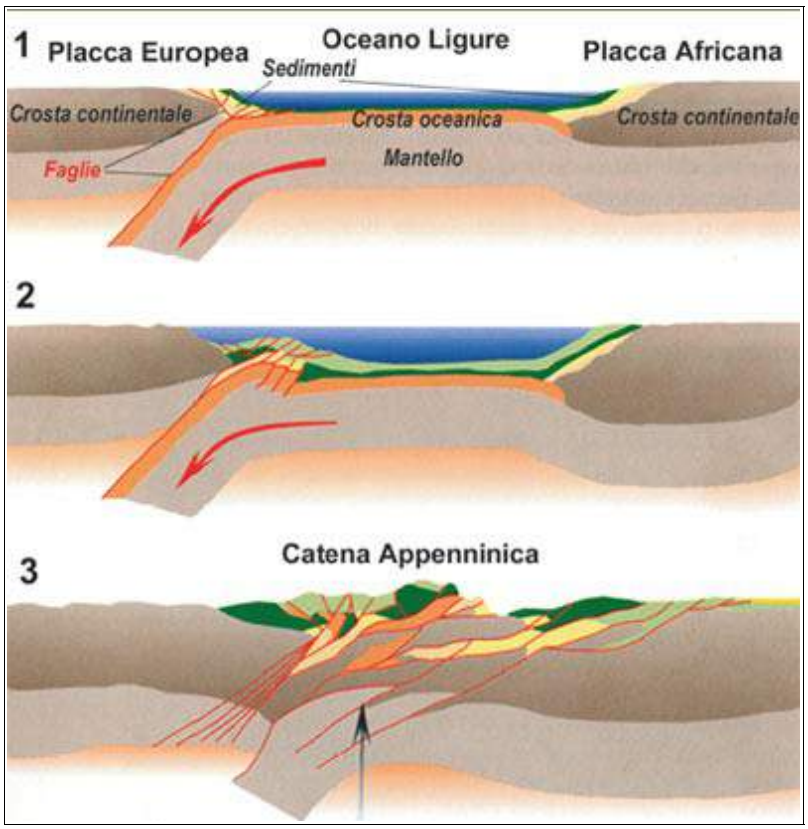


Fig. 4: Schema dell'orogenesi appenninica dal Cretaceo al Pliocene.

Questo ciclo in Toscana si conclude, nel Tortoniano sup., con la trasgressione del Bacino Neoautoctono del volterrano, che segna qui la fine delle traslazioni orizzontali. La Fase toscana è seguita da manifestazioni di tettonica distensiva che si traducono in grandi faglie, parallele alla costa tirrenica, ed in evidente relazione con l'apertura di questo mare.

Nei domini più esterni continua invece la tettonica compressiva con estesi piegamenti e con ulteriori traslazioni, almeno in parte gravitative, della coltre ligure.

Le ultime deformazioni interessano il Pliocene inferiore e sono ancora riconoscibili nelle strutture frontali sepolte sotto la Pianura Padana.

Evoluzione tettonica del Ligure Interno
La tettonica del Dominio Ligure Interno si differenzia da quella del Ligure Esterno soprattutto per una maggiore deformazione delle strutture che si palesa anche in un leggero metamorfismo in facies da anchi a epizonale.

A parte la traslazione certamente più tardiva che ha portato la falda del Gottero a sopravanzare le sottostanti Unità Bracco e Colli-Tavarone (-Serò) per sovrascorrere direttamente, per oltre trenta chilometri, sul Ligure Esterno o addirittura sulla Falda Toscana, l'essenziale della tettonica precede la deposizione del Bacino Terziario Piemontese ed è perciò interamente ascrivibile alle Fasi liguri.

Questa tettonica è strettamente dipendente da quella delle vicine Alpi Occidentali e Marittime a cui le Liguridi Interne sono del resto saldate dal bacino terziario stesso.

Le prime deformazioni del fondo oceanico, di cui la sola testimonianza nell'Appennino è rappresentata dal detritismo ofiolitico, sono forse correlabili con la più documentata tettonica eoalpina delle Alpi.

Le deformazioni più visibili, sigillate dalla trasgressione eocenica sup.-oligocenica, sono invece chiaramente coeve con quelle mesoalpine tanto più che, come nelle Alpi Marittime, l'edificio è sormontato da una falda di flysch ad elmintoidi: la Falda di M. Antola.

L'evoluzione tettonica si è sviluppata in tre fasi. La prima, caratterizzata da pieghe isoclinali compresse e sinmetamorfiche, corrisponde alla formazione di un primo impilamento di Unità Liguri Esterne su cui sovrascorre anche l'Unità di M. Antola. Soprattutto per analogia con le Alpi, appare probabile che questa prima fase abbia avuto una vergenza europea.

Una seconda fase è consistita in un ulteriore raccorciamento che ha ripiegato i contatti tettonici formati nella fase precedente.

La terza fase corrisponde a delle superfici di taglio lungo cui si sono verificati dei sovrascorrimenti in senso opposto (retrocarreggiamenti) che hanno ancora modificato la geometria portandola ad una situazione ormai simile all'attuale. In effetti, a parte alcuni scorrimenti più tardivi, attribuibili alle Fasi toscane, come quello già menzionato della Unità Gottero, la catena non subirà modifiche sostanziali negli sviluppi orogenetici successivi.

6-GEOGRAFIA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO

6.1 Inquadramento geografico e morfologico

La cava in questione s'individua sulla pendice in sponda sinistra del torrente Reppia, in fregio alla strada provinciale di Val Graveglia, alla quota media di 320 mm.s.l.m., su di un versante abbastanza acclive esposto a Sud-Ovest.

L'area di cava in progetto si sviluppa tra la strada provinciale e la quota media 440 m, lungo l'asse di un crinale secondario facente capo al monte Ricasoli e limitato lateralmente da due impluvi a carattere stagionale disposti circa Nord-Est/Sud-Ovest e distanti tra loro circa 235 metri.

6.2 Inquadramento geologico

Le formazioni che affiorano nel comprensorio della valle del torrente Graveglia sono riferibili alle Liguridi Interne ed in particolare all'Unità tettonica di Bracco – Val Graveglia.

Si tratta di terreni che comprendono formazioni sedimentarie e ofiolitiche , compresi tra le Unità del Gottero e di Colli – Tavarone che formano la struttura della Val Graveglia con una

fascia di Diaspri, Basalti e Calcari a Calpionelle.
Le formazioni, che sono allungate secondo l'asse della valle, con direzione media NNW – SSE, sono così definite:

- **Diabasi**: Rocce magmatiche di tipo eruttivo, effusive in ambiente sottomarino, costituite fondamentalmente da due minerali, i plagioclasi e i pirosseni. Sono generalmente molto compatte granulari, di colore grigio – verde e talora verde chiaro sul taglio fresco, mentre sulle superfici esposte assumono un colore di alterazione bruno e giallastro. I basalti si presentano con diverse litofacies: massicci senza particolari strutture; in "pillows" cioè con forma di cuscini, sferoidi, ellissoidi, e pera, col diametro maggiore sino a 1 – 1,5 metri, e accumulati gli uni sugli altri all'atto delle colate laviche; variolitici, cioè con cristalli tondeggianti fibroso – raggiati di plagioclasi; porfirici, cioè con grossi cristalli di plagioclasi bianchi immersi nella massa microgranulare verdastra. Questa roccia si rinviene al contatto con i Diaspri ed i Calcari a Calpionelle ed affiora al limite nord della zona investigata, sul crinale oltre la quota 600 m.

- **Diaspri**: La formazione poggia sui Calcari a Calpionelle e nel suo aspetto più tipico i Diaspri sono costituiti da una successione di straterelli di radiolariti dello spessore medio di 5 – 7 cm, alternati a scisti pelitici anch'essi in livelli di 5 – 10 cm. Vicino al contato con le ofioliti il colore dominante delle radiolariti è il rosso, mentre diventa prevalente il verde man mano che ci si avvicina al contatto con i Calcari a Calpionelle. I diaspri affiorano sulla parte alta del versante su cui è impostata la cava Costalunga, oltre la quota 600 m, e sulla sponda destra del Torrente Reppia.

- **Calcari a Calpionelle**: Rappresentano il materiale litoide oggetto di coltivazione nella cava in questione. La formazione è costituita da una successione di strati calcarei bianchi e grigio chiari separati da argille marnose nettamente subordinate. Lo spessore degli strati calcarei varia da alcuni metri a dieci centimetri, con prevalenza degli strati aventi uno spessore di 30 – 40 centimetri. Dal punto di vista petrografico i calcari sono generalmente micriti e frequentemente contengono noduli di selce per lo più biancastra. Raramente si osservano strati con base gradata costituita da calcareniti contenenti ooliti, frammenti di calcari oolitici, calcari fini e selci. In profondità i Calcari a Calpionelle vengono sostituiti dalle Argille a Palombini con un passaggio che avviene in modo sfumato su uno spessore di alcune decine di metri. Esso consiste in un progressivo aumento di spessore degli interstrati argillosi e nello stesso tempo gli strati calcarei assumono un colore grigio e la caratteristica forma di erosione ad incudine. Nell'allegata Carta geologica a scala 1:500 le Argille a palombini non affiorano in quanto sono sottostanti la formazione dei Calcari a Calpionelle. Come per la maggior parte del versante in sponda sinistra del torrente Reppia, la formazione dei Calcari a Calpionelle presenta una generale immersione verso ovest – sud ovest ponendosi a franapoggio rispetto al versante, il tutto complicato da numerose pieghe, sovrascorrimenti e faglie.

In particolare nella vallata ove è sita la cava affiora la sequenza sopra descritta; nel versante occidentale è ben visibile il contatto tra Calcari a Calpionelle e Diaspri, facilmente identificabile soprattutto al di sopra del frantoio di materiale inerte; nel versante orientale si trova invece, praticamente in zona di cresta (circa a quota 600m) il contatto tra i Calcari a Calpionelle e i diaspri o direttamente con i Basalti a pillow, in caso di obliterazioni tettoniche dei diaspri e delle brecce tettoniche intermedie.
Al di sotto dei Calcari a Calpionelle sono presenti, strutturalmente, le Argille a Palombini che affiorano, seppur ad una certa distanza, a Sud e a Nord dell'area (come visibile dallo stralcio cartografico della carta geomorfologica della Valle Graveglia).

Nella parte inferiore della sequenza stratigrafica dei Calcari a Calpionelle sono stati individuati strati argillitici tipici della parte basale della sequenza; tali aree non saranno comunque interessate dall'attività estrattiva in oggetto.

La copertura detritica eluvio - colluviale è scarsa su tutta l'area investigata non ancora oggetto di coltivazione con spessori dell'ordine di 0,5-1 metri al massimo; localmente, in zona esterna alla cava si possono stimare spessori più elevati di qualche metro.

Nelle zone a maggior acclività, in presenza di erosione areale attiva, la roccia è praticamente affiorante e il detrito è limitato a piccoli anfratti o depressioni. Inoltre sono ben visibili contrafforti rocciose dislocate lungo tutto il versante.

La situazione geologica dell'area della cava è complessa e solo l'esame particolareggiato ed approfondito degli affioramenti ha permesso di avere un quadro sufficientemente chiaro della struttura delle rocce oggetto di coltivazione e di sistemazione.

Dagli elementi ricavati dai rilievi d'insieme di dettaglio sono state elaborate le allegate carte geologiche in cui sono stati cartografati i dati geologici e geotettonici che servono a descrivere efficacemente le caratteristiche geologiche e strutturali di questo complesso estrattivo e a fornire le indicazioni per la stesura del progetto.

Nell'ambito della zona di cava, grazie anche allo studio degli scavi effettuati nelle vicine cave esaminate, ed in particolare la cava Costalunga, è stato possibile definire, ricostruire e ipotizzare la situazione geologica e stratigrafica anche in profondità, confermando così i dati dei rilievi di superficie effettuati su tutto l'areale.

Il versante esaminato è dominato da due giaciture dominanti che si dispongono l'una a franapoggio (circa N240/25) e l'altra a reggipoggio (N30/30).

Il passaggio tra le due situazioni avviene tramite una serie di pieghe antiformi coricate con asse disposto circa a N310/30 a cui si associano pieghe sinformi a sviluppo metrico, il tutto complicato da intersezioni di pieghe, faglie e thrust intraformazionali..

Quanto sopra determina situazioni giaciturali variabili con evidente ripercussione sulle condizioni geometriche dei vari gradoni, dove si alternano le varie giaciture.

Dalla sezione geologica di dettaglio si può dedurre la complessa tettonica a pieghe coricate che interessa tutta l'area ed in particolar modo il litotipo interessato dall'escavazione; in tutto il versante sono state riconosciute 4 pieghe principali coricate più numerose pieghe accessorie aventi i medesimi motivi tettonici delle *master folds*.

Le pieghe hanno asse medio N310-150/orizzontale e piano assiale sub-orizzontale o poco inclinato verso SW (15-20°). Si tratta di pieghe classificabili come 1B di Ramsey, ovvero pieghe parallele convergenti e spessore ortogonale costante; ma non sono infrequenti casi di pieghe di tipo 1C e 2.

All'interno delle strutture di piegamento sono riconoscibili strutture di piegamento riferibili a strutture di interferenza di tipo 3 e nella zona di cerniera sono talvolta riconoscibili fenomeni di *flexural shear* (scivolamento flessurale multistrato) e di taglio passivo (Twiss &Moore).

7-CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E CARSISMO

La situazione idrografica della zona di cava è piuttosto semplice e caratterizzata da un crinale spartiacque senza apprezzabili vie di scolo naturali che fanno capo al torrente Reppia.

Come già accennato, ai lati della zona di cava sono presenti due ripidi impluvi naturali disposti circa Nord-Est/Sud-Ovest a carattere esclusivamente stagionale.

Nell'areale investigato mancano sorgenti e parte delle acque meteoriche viene assorbita dai terreni e lo scorrimento sotterraneo è condizionato dalla stratificazione e dalla fratturazione della roccia.

Lo schema della circolazione idrica sotterranea è caratterizzato dalla percolazione nelle discontinuità (giacitura e fratturazione) della roccia dei Calcari a Calpionelle che sono da classificare permeabili per fratturazione/fessurazione e debole carsismo.

Tenuto conto di quanto sopra non vi sono falde acquifere nei livelli superficiali raggiunti dalla cava e la circolazione idrica è veloce ed è di tipo anisotropo e condizionata dalla stratificazione, dalle fratture e dalla particolare situazione tettonica della formazione.

Nell'areale investigato mancano emergenze idriche e nei dintorni, per un raggio di 1000 metri, non sono conosciute sorgenti perenni.

Sorgenti di un certo interesse sono invece presenti in zone lontane, come la vallata del torrente Longanino e su tutto il versante occidentale del Monte Chiappozzo.

Per quanto riguarda il carsismo, è noto che l'esistenza di caverne e fenomeni carsici in genere, avvengono solo in determinate rocce e più precisamente le rocce calcaree sono quelle che maggiormente si presentano permeate di cavità a seguito dell'azione solvente che l'acqua esercita sul carbonato di calcio.

Su tutta la Val Graveglia sono presenti 29 cavità sotterranee riportate nel Catasto Speleologico Ligure, in genere di scarsa importanza speleologica e così distribuite: 2 nella Media e Bassa Val Graveglia; 6 nella Val Chiesanuova; 3 nella Valle del Rio Novelli; 5 nella zona del Ponte di Lagoscuro; 3 nella Valle del Rivo Orti; 3 nello sperone della Crocetta D'Arzeno; 2 nei Piani di Monte Chiappozzo e 5 nell'alta Val Graveglia.

In particolare, nell'Alta Val Graveglia, ad alcuni chilometri di distanza dalla cava in questione, è presente un'area carsica (SP36) tutelata dalla L.R. 14/1990 e perimetrata i sensi della Del. G.R. 6665 del 23/09/1994 che interessa i comuni di Né e Varese Ligure per una estensione di 8,4 Kmq.

In quest'area il carsismo si è sviluppato principalmente sui Calcari a Calpionelle, originando delle cavità naturali e forme superficiali.

I principali fenomeni che si riscontrano nell'area tutelata sono rappresentati da alcune cavità, non particolarmente estese o profonde, e da doline (Pian di Oneto e Rocca Roncallo) oltre che alcune microforme di erosione.

A livello puntuale, nell'ambito della zona di cava, per un raggio di circa 400 m, non vi sono fenomeni carsici e non sono conosciute e/o censite grotte, né sono stati rilevati, a seguito dei numerosi sopralluoghi effettuati, fenomeni carsici.

Pertanto l'attività estrattiva non compromette il regime carsico, tuttavia se fossero individuate cavità durante gli scavi, la Ditta esercente s'impegna a tutelare il fenomeno adottando tutte le misure necessarie alla loro salvaguardia, così come previsto dall'art. 13 della l.r. 3/4/90 n. 14 e l.r. 14/12/93 n. 54.

8-RILIEVO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

8.1 Caratteristiche di fratturazione e famiglie di discontinuità

Per determinare le caratteristiche geomeccaniche e strutturali dell'area è stata eseguita una campagna ad hoc su tutta l'areale estrattivo esistente ed autirizato e nelle aree circostanti, sono state eseguite scan-line di rilievo geomeccanico sugli affioramenti di adeguate dimensioni distribuiti nel versante e stazioni di rilevamento strutturale.

Per la determinazione dei principali elementi di caratterizzazione della roccia sono stati effettuati rilievi geomeccanici di dettaglio su tutti gli affioramenti rocciosi presenti nell'area di scavo, nel piazzale di cava e nei dintorni.

I dati del rilievo dell'area di cava sono stati analizzati con apposito software (Dips© di Rocscience) cercando di determinare la distribuzione e le rispettive caratteristiche dei principali raggruppamenti di discontinuità nell'ipotesi che i dati siano rappresentati da una distribuzione di tipo normale. Tale assunzione, ovviamente, ha talvolta carattere di arbitrarietà e, del resto, sovente i dati di campagna non permettono di poter stabilire se la distribuzione possa essere di tipo diverso, pur se concettualmente sia possibile.

Tale asserzione trova riscontro anche nelle recenti note "Rock Engineering – course notes by E. Hoek" (2001), laddove si sottolinea come la distribuzione statistica dei parametri geomeccanici sia ben approssimata da una distribuzione di tipo normale, a meno di non avere a disposizione una rilevante mole di dati da cui derivare un tipo diverso di rappresentazione.

La distribuzione spaziale per settori delle stesse è stata successivamente indagata mediante l'ausilio delle rappresentazioni stereografiche per evidenziare all'interno dell'area eventuali distribuzioni locali dei giunti.

Tramite detto software è stato possibile produrre lo stereogramma delle linee delle discontinuità, dei poli delle discontinuità, e l'analisi statistica dei dati.

L'elaborazione statistica delle giaciture è stata eseguita prendendo come campioni di popolazione le giaciture rilevate lungo gli stendimenti effettuati in prossimità del fronte di cava considerato.

Avendo riscontrato una omogeneità nelle giaciture rilevate in sito, le analisi di stabilità sono state effettuate sulla base delle famiglie di discontinuità ottenute elaborando i dati osservati in campagna

I dati sono stati analizzati statisticamente per ricavare i parametri tipici delle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso:

- numero di famiglie
- spaziatura
- persistenza
- apertura
- caratteristiche superficiali

Nella figure delle pagine seguenti si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura complessivamente rilevati in tutta l'area, nonché le ciclografie ed i poli corrispondenti dei piani medi individuati.

In relazione all'area indagata complessivamente si sono riscontrati 4 principali raggruppamenti medi di discontinuità così come riportati negli stereogrammi allegati e aventi le seguenti caratteristiche:

Famiglia	Imm./Inc.	Apertura (mm)	Riempimento	Frequenza (m)	Morfologia grande scala	Morfologia piccola scala	Acqua	Alterazione	Schmidt test (Mpa)
K1	33/43	1-10mm	Hf/Sf	0,3-1,5	U	sm	Dy	M	53
K2	335/34	1-10mm	Ass-Sf	0,8-2	U	r	Dy	M	48
K3	260/37	1-10mm	Ass-Sf	0,3-1,5	U	sm	Dy	M	55
K4	140/40	1-10mm	Ass-Sf	0,7-3	U	dr	Dy	M	45

n.b.: k1 e k3 sono entrambe stratificazioni, a reggipoggio e a franapoggio (questo è dovuto alle numerose pieghe)

Legenda:
Morfologia piccola scala:
r = rough (ruvido)
dr = slightly rough (debolmente ruvido)
sm = smooth (planare)
sl = slickensied (liscio)

Morfologia grande scala:
S = stepped (scalettato)
U = undulating (ondulato)
P = planar (planare)

Riempimento:
ass = assente
Hf < 5 mm (hard filling)
Hf > 5 mm (hard filling)
Sf < 5 mm (soft filling)
Sf > 5 mm (soft filling)

Circolazione idrica:
Dy dry (secca)
Da damp (umida)
W wet (bagnata)
Dr dripping (gocciolante)
Fl flowing (fluente)

Alterazione:
H – High
M – Medium
L – Low

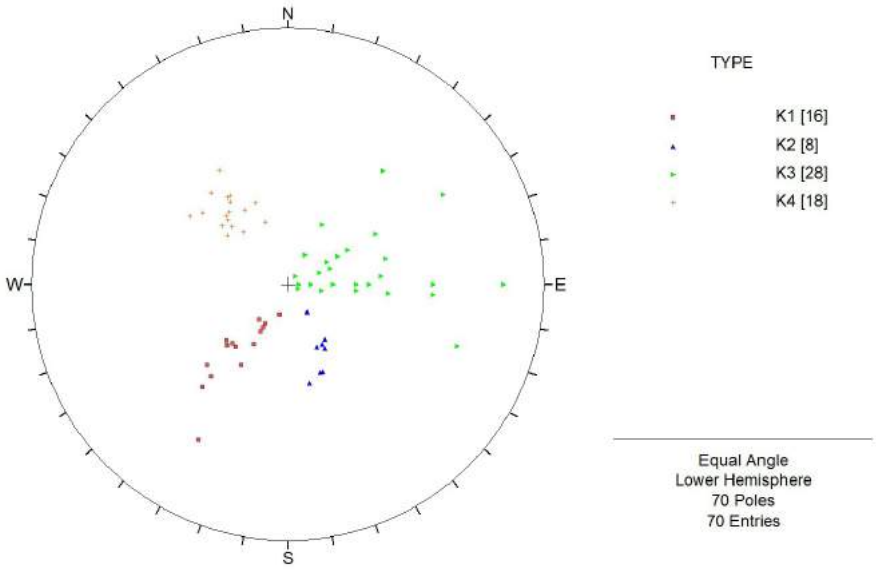


Fig. 5 - Stereonet delle discontinuità, suddiviso per tipologia di discontinuità.

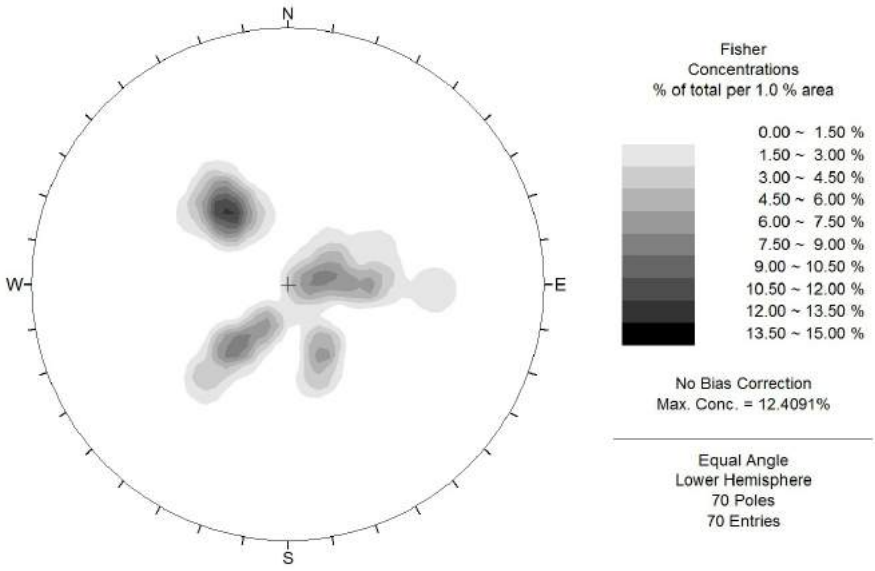


Fig. 6 - Contour delle discontinuità.

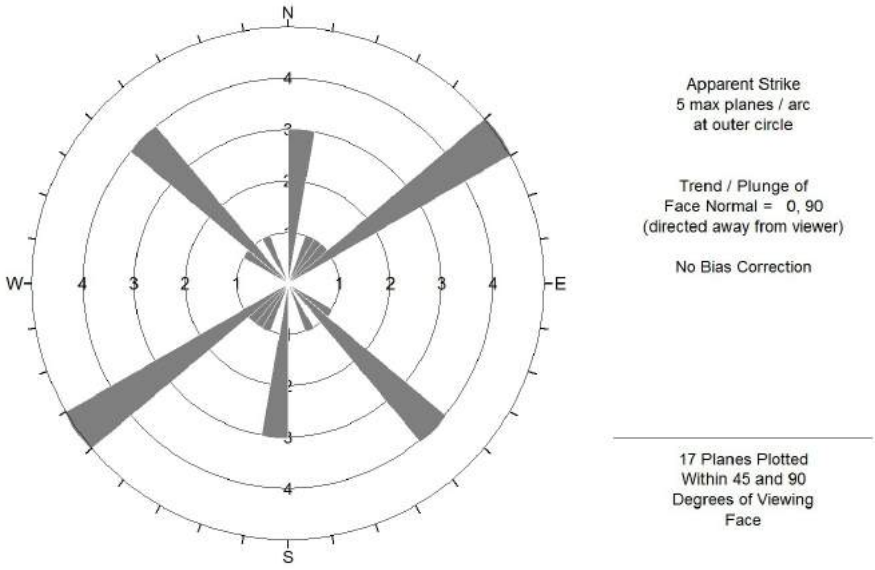


Fig. 7 - Rose diagram.

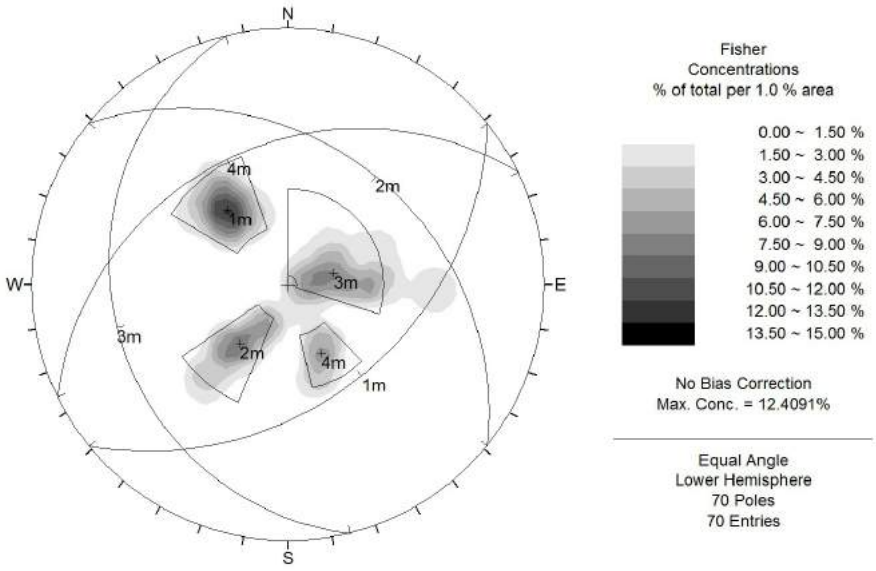


Fig. 8 - Contour delle discontinuità con individuazione dei sets principali e tracce ciclografiche dei piani principali.

8.2 Classificazione di Beniawski dell'ammasso roccioso

Circa l'attribuzione ai substrati rocciosi dei parametri fisico-meccanici che li contraddistinguono, sono stati utilizzati i dati geomeccanici e geofisici ricavati sul terreno uniti a valori reperibili in bibliografia applicando il metodo di Bieniawski (1979) che, ferma restando l'ipotesi del modello di Mohr-Coulomb, si basa sulla determinazione dell'indice RMR come sommatoria di indici parziali relativi a:

1. resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
2. indice RQD (Rock Quality Designation), estrapolato dai valori di spaziatura;
3. spaziatura dei giunti di discontinuità;
4. condizione dei giunti di discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, presenza di materiale di riempimento);
5. condizioni idrauliche;

I valori degli indici parziali sono stati determinati sulla base della seguente tabella, scegliendo, parametro per parametro, la classe che meglio rappresenta l'effettiva situazione dell'ammasso roccioso in esame.

A - Classification parameters and their ratings

PARAMETER			RANGES OF VALUES						
1	Streing of intact rock material	Point-load strengt index	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range uniaxial compressive test is preferred		
		Uniassial compressive strengt	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces OR Gouge < 5 mm thinck OR Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thinck OR Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel lenght	None	< 10 litres/min	10 - 25 litres/min	25 - 125 litres/min	>125 litres/min		
		Ratio joint water pressure / maior principal stress	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General condition	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

Total Rating	100 – 81	80 - 61	60 – 41	40 – 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo

La sommatoria dei coefficienti numerici dei cinque fattori fornisce un indice globale delle condizioni geomeccaniche della massa (Rock Mass Rating).

In particolare si ha:

1) La resistenza alla compressione uniassiale (R1) è stata misurata in superficie mediante lo sclerometro ed operando la media di almeno 10 valori ottenuti per punto di campionamento.
2) I valori dell'RQD (Rock Quality Designation - R2) sono stati ottenuti dai dati medi ricavati dai carotaggi e confrontati con i dati ricavati attraverso l'espressione di Palmstrom nella forma: RQD=115 - 3,3 jv dove jv rappresenta il numero medio delle discontinuità per metro nelle tre dimensioni.
3) La spaziatura delle discontinuità (R3) è stata misurata considerando la distanza tra discontinuità aventi la stessa direzione. La valutazione risulta dalla media delle spaziature dei diversi sets individuati nell'area di saggio.
4) Le condizioni di discontinuità (R4) sono state valutate misurando 5 parametri descrittivi delle discontinuità in ciascuna area di saggio: persistenza, separazione, ruvidità della superficie, riempimento ed alterazione.
5) Le condizioni idrauliche (R5) dell'ammasso roccioso sono state valutate qualitativamente in quanto in nessuna area campione mostra insorgenze di acqua quantificabili.

La classe di qualità dell'ammasso roccioso risulta dalla somma RMR base = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 attraverso la quale si ottiene la valutazione fisico meccanica dell'ammasso roccioso ed è possibile pervenire ad una valutazione dei valori della Coesione (C), Angolo di attrito (Y) e Modulo di deformabilità (E), come riportato nella tabella sottostante.

Litotipo	GSI	RMR	Descrizione
Calcare a Calpionelle	71	76	buono

Angolo di attrito	φ	43,00	°	Bieniawski (1970)
Coesione	c	0,38	MPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	52,00	GPa	Bieniawski (1970)
Modulo di deformazione	E_d	44,67	GPa	Serafim e Pereira(1983)
Modulo di deformazione	E_d	35,85	GPa	Iasarevic e Kovacevic (1996)

Oltre alla classificazione di Bieniawski, l'ammasso roccioso è stato classificato anche tramite il GSI (Geological Strenght Index), un indice di qualità dell'ammasso roccioso variabile da 5 a 100, funzione delle condizioni geomeccaniche e del grado di alterazione. Per la determinazione di questo parametro esistono relazioni che lo legano all'RMR di Bieniawski o all'indice Q di Burton.

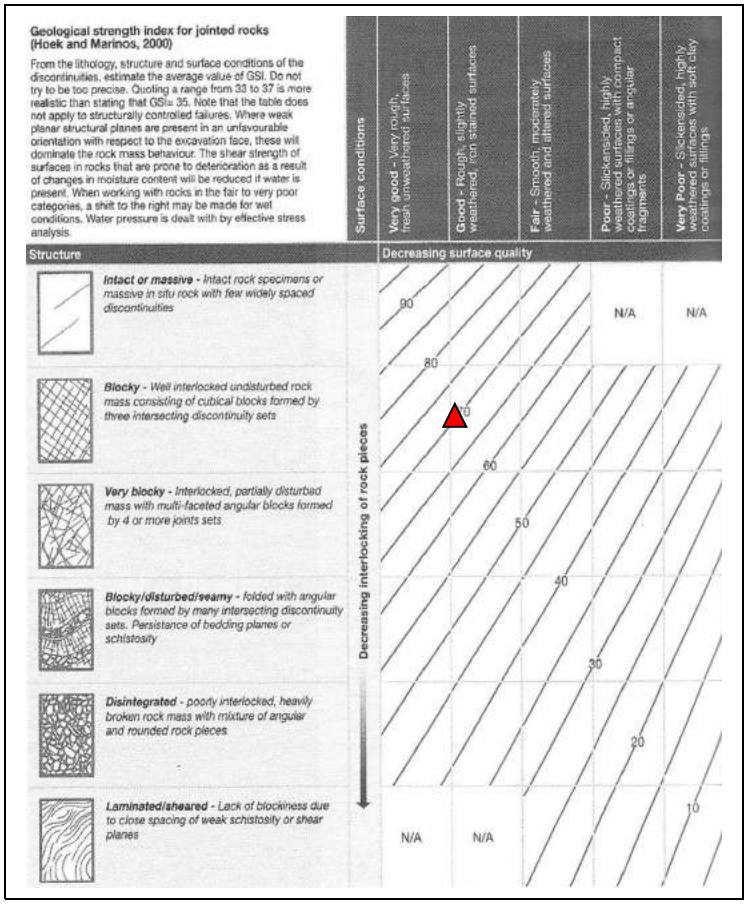


Fig. 9 - Abaco per la stima del GSI. ▲Calcare a Calpionelle;

8.3 Resistenza dell'ammasso roccioso (Hoek-Brown, 2002)

Il criterio di rottura empirico rappresentativo per l'ammasso roccioso generalmente riconosciuto è il criterio di Hoek-Brown che qui sarà adottato e seguito nella più recente versione (1997).

Va sottolineato come tale criterio sia ampiamente valido laddove la scala dello studio sia notevolmente maggiore rispetto a quella della spaziatura dei sistemi di discontinuità e

comunque richiede che siano presenti almeno tre o più famiglie di fratture. In alcune posizioni vista l'ampia spaziatura riscontrabile potrebbe essere in realtà eccessivamente penalizzante per la verifica in quanto indicherebbe valori di resistenza inferiori a quelli reali.

Sulla base della classificazione geomeccanica sopra riportata, si sono ricavati i valori di RMR per l'area in esame. A detti parametri può essere associato il valore dell'indice GSI della classificazione di Hoek-Brown (1997) che può essere individuato partendo dall'indice RMR89 mediante opportuna elaborazione consistente in:

- settare il coefficiente sulle caratteristiche idriche a 15 (assenza di acqua)
- azzerare il coefficiente per l'orientamento delle discontinuità

Questo indice prende il nome di BMR89, da cui:

GSI = BMR89 – 5

Va puntualizzato come gli autori stessi (Hoek e Brown) sottolineano come sia preferibile individuare un range di variabilità piuttosto che un valore univoco, ad esempio adottando 50 ± 5 (Dolomie di San Pietro ai Monti) si ottiene una gamma di valori di GSI che caratterizza l'intero ammasso roccioso.

Tale parametro è necessario per il calcolo dei parametri m ed s da introdurre nella legge modificata di Hoek-Brown (1988, 1997):

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}(m_b \times \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^a$$

con: σ1 e σ3 tensioni principali massima e minima (il criterio non tiene conto della tensione intermedia σ2) e per GSI > 25:

$$m_b = m_i \times e^{\frac{GSI-100}{28}} \qquad s = e^{\frac{GSI-100}{9}} \qquad a = 0{,}5 \quad (\text{da Hoek e Brown, 1990, 1997})$$

s e a = 0,5 (da Hoek e Brown, 1990, 1997)
dove *mi* dipende dalla roccia intatta. Per il calcolo è stato utilizzato il codice di calcolo RocLab1 della Rocscience che forniva i valori ricercati in funzione di *mi*, σci, e GSI.

Il parametro *s* considera invece la storia deformativa e la conseguente frammentazione dell'ammasso e, ovviamente, per roccia intatta vale 1.

Dal criterio così definito può essere ricavato il valore di resistenza a compressione dell'ammasso roccioso.

Il procedimento è di tipo analitico mediante calcolo per successivi valori di σ3 del termine di σ1 e regressione dei risultati sino alla ricostruzione della curva intrinseca e dell'inviluppo di Mohr- Coulomb equivalente:

$$\tau = A\sigma_{ci}\left(\frac{\sigma_n - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^B$$

con A e B costanti determinate dalla regressione e dipendenti dalla roccia e σtm resistenza a "trazione" dell'ammasso roccioso (che riflette in realtà l'interbloccaggio delle particelle costituenti l'ammasso quando non sono libere di dilatarsi) data da:

$$\sigma_{tm} = \frac{\sigma_{ci}}{2}\left(m_b - \sqrt{m^2{}_b + 4s}\right)$$

Determinando φ e c' sulla base delle relazioni di cui sopra secondo il procedimento di regressione e fitting menzionato, per i cui dettagli si rimanda allo studio di Hoek e Brown (1990, 1997), si ricava il valore di σcm.

Di seguito si riportano i gli inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso nel piano delle tensioni principali σ1 - σ3 e nel piano σ – τ per il litotipo esaminato.

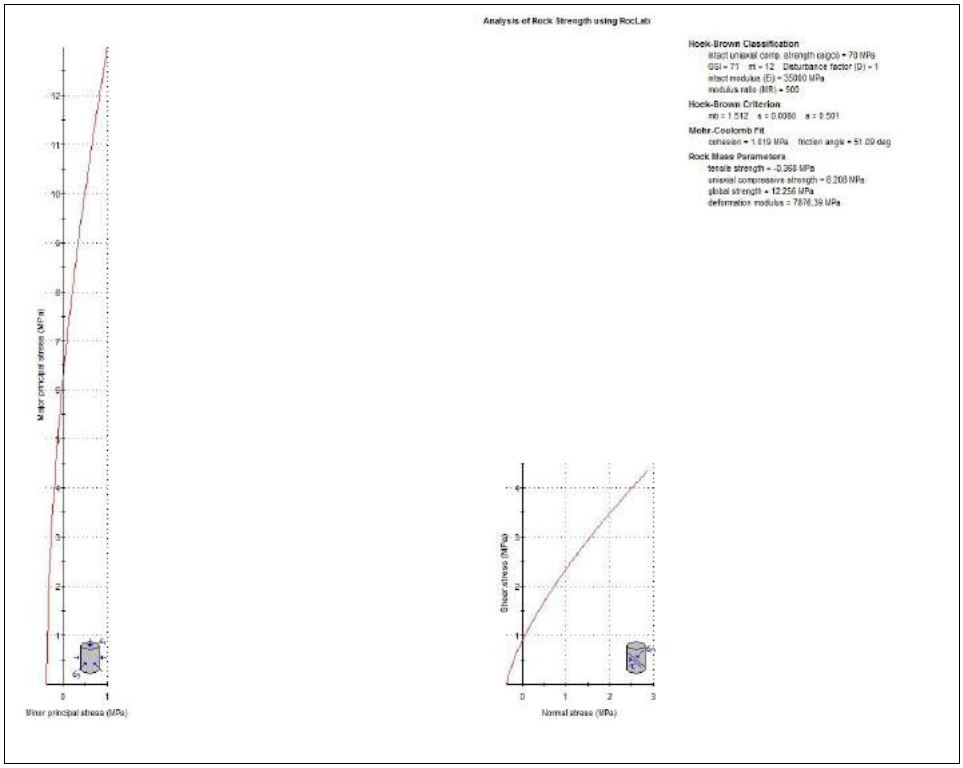


Fig. 10 - Roclab diagram dei Calcari a Calpionelle

Con l'analisi effettuata si ottengono valori di angolo di attrito pari a 51.09° e coesione pari a 1.019 MPa, ottenuti impostando un σ3 pari a 1 MPa.

Per le verifiche di stabilità si sono comunque considerati i valori più cautelativi di angolo di attrito e coesione, confrontando i risultati dell'analisi di Morh-Couloumb con quelli dell'analisi di Hoek e Brown, a favore di sicurezza.

8.4 Resistenza al taglio lungo i giunti

Nei riguardi della stima delle resistenze a scorrimento lungo le discontinuità si può fare riferimento al noto schema di Barton, tradotto in una relazione che esprime la resistenza a taglio solo in termini attritivi.

$$\tau_{lim} = \sigma \cdot \tan\varphi^*$$

$$\varphi^* = \left(\varphi + JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_J}{\sigma} \right)$$

σ	:	pressione efficace normale al giunto
φ	:	angolo di attrito base (giunto piano, liscio)
JRC	:	indice di scabrezza di Barton
σ_J	:	resistenza a compressione della roccia adiacente il giunto
φ^*	:	angolo di attrito apparente in relazione con σ e l'indice di scabrezza

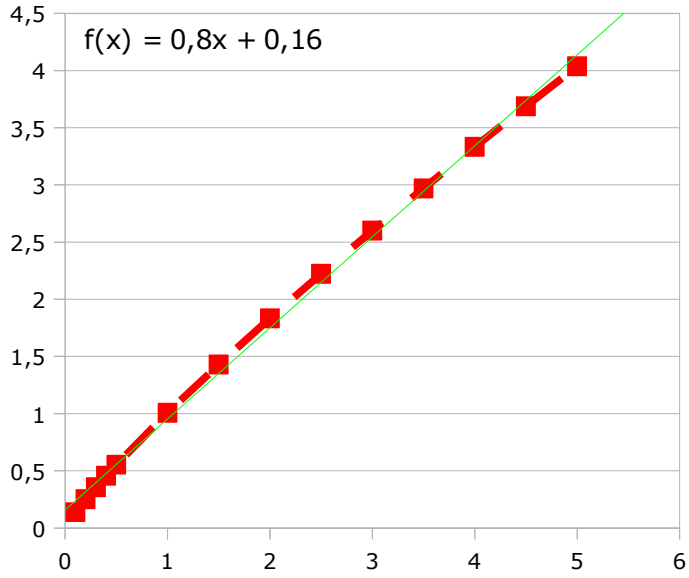
Nel caso in esame, per i giunti valutati durante il rilievo geomeccanico si sono osservati valori di JRC attribuibili al range compreso tra 6 e 14. Per una caratterizzazione di resistenza si è preso a riferimento il campo **6-9** e **10 – 12** come rappresentativo.

Per il valore di resistenza a compressione sui giunti non si hanno a disposizione dati sperimentali; sono stati adottati valori stimati a partire dai risultati delle prove con sclerometro su superfici di giunto.

Litotipo	JRC	Comp. Uniassiale (Mpa)
Calcare a Calpionelle	9	49

σ	τ	φ
Mpa	**Mpa**	**(°)**
0,10	0,14	54,21
0,20	0,25	51,50
0,30	0,36	49,92
0,40	0,46	48,79
0,50	0,55	47,92
1,00	1,01	45,21
1,50	1,43	43,63
2,00	1,83	42,50
2,50	2,22	41,63
3,00	2,60	40,92
3,50	2,97	40,32
4,00	3,33	39,79
4,50	3,69	39,33
5,00	4,04	38,92

tanφ	0,76
φ	**38,66**



Curva intrinseca del giunto con il criterio di Barton.

Per la valutazione della coesione si è fatto riferimento alla formulazione proposta da Barton e Choubey, che ha fornito una coesione pari a **119,5** Kpa (a 20 m).

9 – STIMA DEI PARAMETRI DEL MATERIALE DA UTILIZZARSI PER IL RIPRISTINO AMBIENTALE

Per l'attribuzione dei caratteri fisici e meccanici degli elementi da porre a dimora si sono utilizzati, come indicato al punto 6.2.2 delle citate NTC e dalle "Linee Guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive .." di cui al DGR n. 141/2010, i dati della bibliografia nonché quelli ottenuti da prove dirette effettuate sui differenti materiali per altro già utilizzati per la sistemazione ambientale di cave del comprensorio.

Infatti, per poter avere un sufficiente grado di affidabilità dei dati geotecnici da utilizzare nelle verifiche si sono studiati differenti materiali di riempimento, sui quali sono state fatte le usuali analisi e sono stati valutati, anche con l'ausilio di specifiche tabelle e grafici, i parametri geotecnici utili agli obiettivi prefissati.

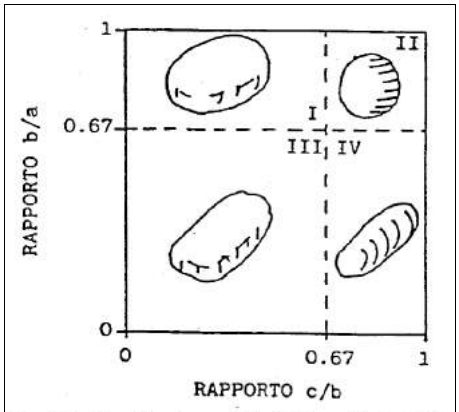
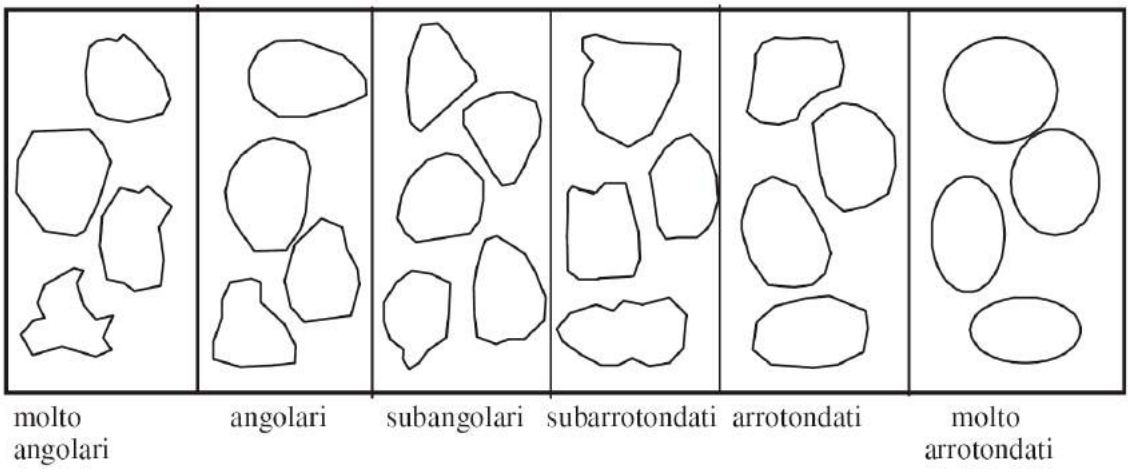
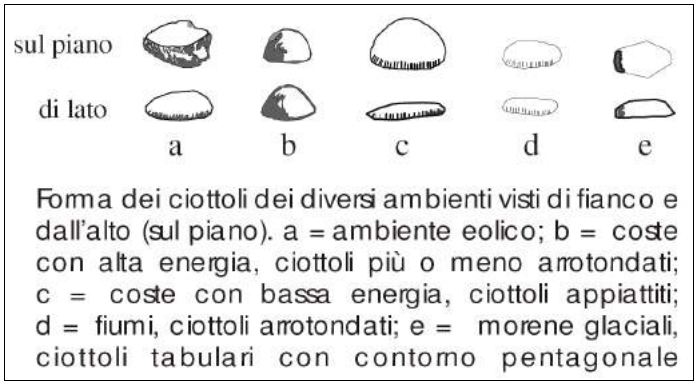
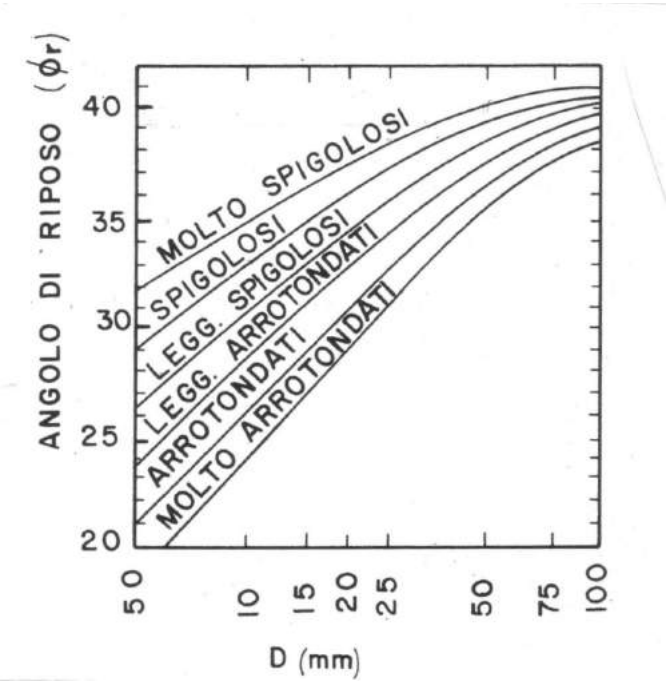


Fig. 1/3 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in funzione della forma (Gnaccolini, 1978): a, b, c d sono le dimensioni caratteristiche dei grani.
I = discoidali II = sferoidali
III = lamellari IV = allungati





Forma dei ciottoli dei diversi ambienti visti di fianco e dall'alto (sul piano). a = ambiente eolico; b = coste con alta energia, ciottoli più o meno arrotondati; c = coste con bassa energia, ciottoli appiattiti; d = fiumi, ciottoli arrotondati; e = morene glaciali, ciottoli tabulari con contorno pentagonale



Questa tabella mette in relazione le grandezze dei granuli e l'angolo di attrito secondo Cooke e Doornkamp (valori minimi di Dr).

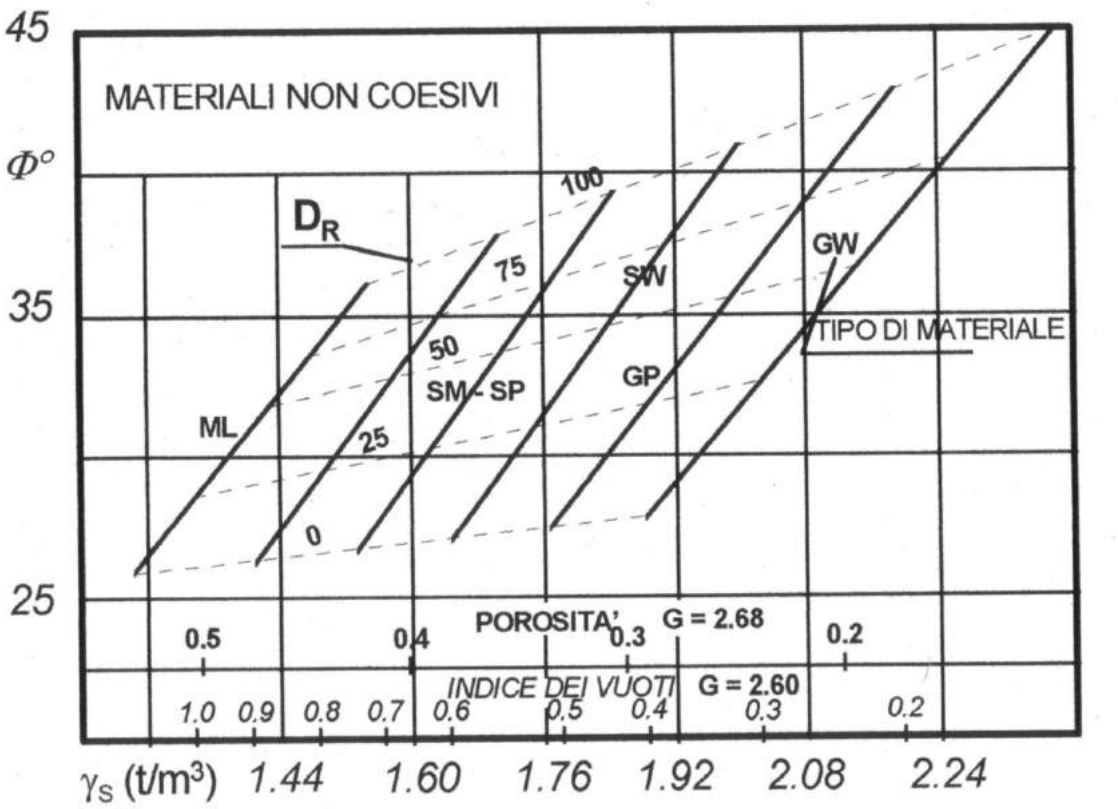


Diagramma NAVFAC D.M. 1971: relazione tra ps e φ in base alla tipologia del materiale
Sulla base dei dati dei campioni studiati, da dati sperimentali e dalla densità del materiale (NAVAF D.M. 1971) e di prove effettuate su terreni simili in cave sistemate o in via di sistemazione, e tenuto conto delle caratteristiche granulometriche, è possibile ipotizzare, considerando idonea compattazione del materiale, i seguenti parametri geotecnici:

- angolo di attrito interno φ = 33 ° - 35°
- coesione Cu = 0,2 – 0,5 Kg/cmq
- peso di volume ps = 1,8 – 2,1 t/mc
- densità relativa Dr = 40 - 50%.

Si tratta di parametri cautelativi poiché è ipotizzabile la presenza di granuli spigolosi degli elementi litoidi, di pezzature anche di un certo rilievo il cui comportamento può considerarsi (talvolta) intermedio tra quello degli ammassi rocciosi giuntati e dei materiali granulari classici.

Esami di laboratorio e indagini geognostiche dirette, effettuate con penetrometro pesante su rilevati di ricomposizione ambientali eseguite nell'ultimo decennio in tutta la Liguria dimostrano l'attendibilità dei valori sopra riportati.

Trattandosi di materiale derivante comunque da scavi di terre e rocce, il valore dell'angolo d'attrito interno considerato concorda con i valori desumibili dal grafico di Cooke e Doornkamp in relazione al grado di addensamento, al diametro dei granuli e alle loro caratteristiche di spigolosità o arrotondamento.

Per ultimo occorre sottolineare che i materiali sopra descritti saranno posti a dimora in strati di limitato spessore in modo da creare un riempimento omogeneo, ben compattato così come prescritto anche dalle "Linee guida".

10 – CALCOLO DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Dalle prove in situ e di laboratorio effettuate e dai rilevamenti geomeccanici, si è ottenuto un chiaro modello geologico e geomeccanico del sito oggetto di studio; di seguito sono riportati i parametri medi (Vm) i parametri caratteristici (Vk) e i parametri di progetto (Vd) calcolati per poi essere di seguito utilizzati nelle verifiche di stabilità dei fronti così come prevedono le NTC 2008 (par. 6.2.3.1.2)

Valori medi (Vm)
Calcari a Calpionelle
I valori medi del litotipo sono:

	Da rilievi in situ
Angolo di attrito	51,09°
Coesione non drenata	1,019Mpa
Peso di Volume	2,7 t/mc
Angolo di attrito lungo i giunti	38,66°
Coesione lungo i giunti	119,5 Kpa

Materiale di riporto

Angolo di attrito (°)	35
Coesione (Kg/cmq)	0,2
Peso di Volume (t/mc)	1,8

Valori caratteristici (Vk)
Applicando quanto contenuto nelle istruzioni del CSLP si sono assunti quali valori caratteristici del deposito i valori medi: Vm=Vk.

Infatti, come riportato nel C6.2.2 del CSLP "appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azione dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti".
Valori di progetto (Vd)
I valori di progetto di c, cu e φ da adottare nel calcolo si ottengono per combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'eurocodice 7 e nel D.M. 14/01/2008 NTC.

I valori di progetto si ottengono tramite le seguenti formule:

- tgφd=tgφk/1,25
- cd=ck/1,25
- cud=cuk/1,4
- qud=quk/1,6 (resistenza a compressione uniassiale)

Calcari a Calpionelle

Angolo di attrito	44,74°
Coesione non drenata	0,82 Mpa (8,36 Kg/cmq)
Peso di Volume	2,7 t/mc
Angolo di attrito lungo i giunti	32,62°
Coesione lungo i giunti	95,6 Kpa (0,97 Kg/cmq)

Materiale di riporto

Angolo di attrito (°)	29,26
Coesione (Kg/cmq)	0,14
Peso di Volume (t/mc)	1,8

I valori ottenuti sono utilizzati per i calcoli nelle verifiche di stabilità di seguito eseguite.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

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	γ	γ_γ	1,0	1,0

11-VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (par. 2.4.2 NTC).

La vita nominale dell'opera in progetto è 50 anni.

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le opere sono suddivise in classi d'uso; le classi d'uso delle opere in progetto sono:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli (gradoni);

Il coefficiente C_U in questo caso risulta pari a 0,7 come dalla tabella 2.4.II delle NTC.

- *Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. Scuole. Teatri, Musei,Tribune , sale con affollamenti significativi , etc.* (rilevato di ricomposizione ambientale):

Il coefficiente C_U in questo caso risulta pari a 1 come dalla tabella 2.4.II delle NTC.

Fermo restando che la decisione delle classi d'uso è del progettista che ne determina quindi il ruolo, a favore di sicurezza si sono considerati anche i gradoni come "opera" e classificati come Classe I; sempre a favore dell'estrema sicurezza si è optato per inserire il rilevato di ricomposizione ambientale in Classe III, anche se, di fatto non è prevista la presenza di persone su di esso.

Periodo di riferimento per l'azione sismica
Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (par. 2.4.3 NTC):
$V_R = V_N \times C_U =$

Tabella riepilogativa - gradoni

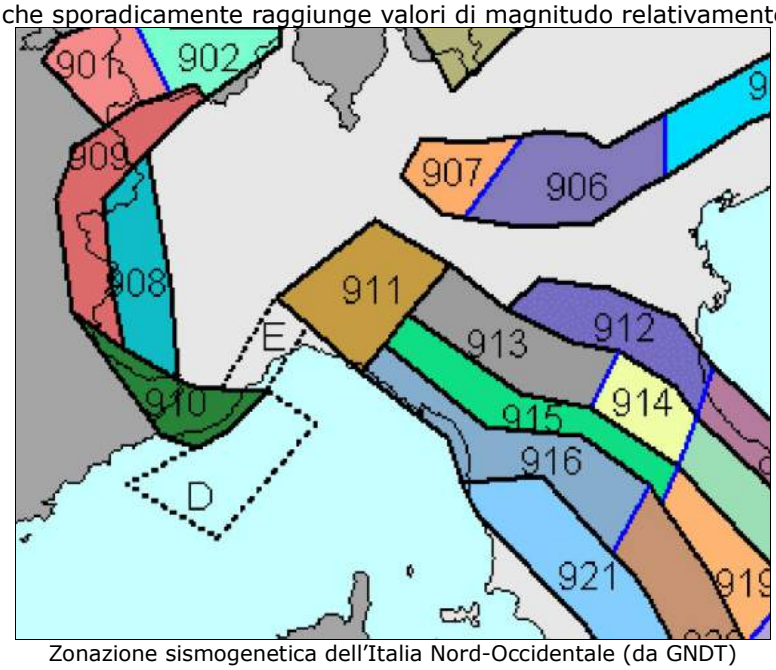
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	I
Coefficiente d'uso C_u	0,7
Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R	35

Tabella riepilogativa – rilevato di ricomposizione ambientale

Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso C_u	1
Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R	50

12-NOTE SISMICHE

Dall'esame della cartografia di zonazione sismogenetica ZS9 l'area in esame si colloca nella zona 916 che è classificata come settore in distensione tirrenica definito dal modello sismotettonico di Meletti ed al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.



Zonazione sismogenetica dell'Italia Nord-Occidentale (da GNDT)

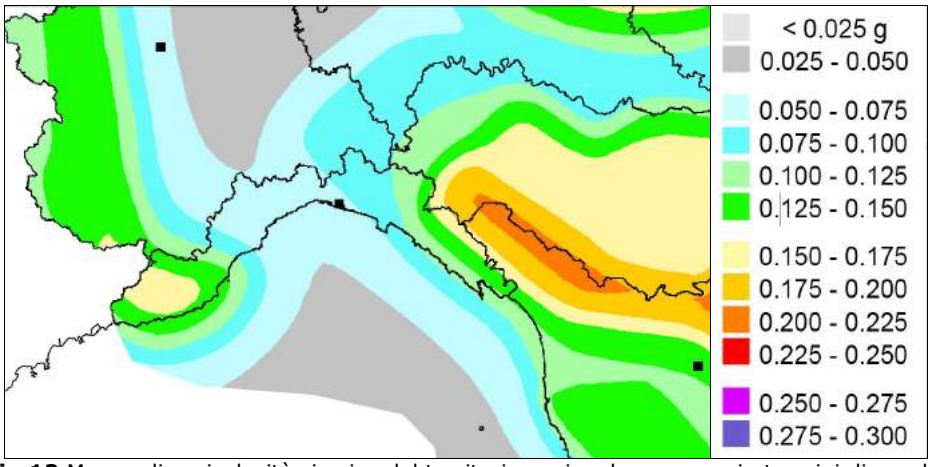


Fig.12 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV)

Classificazione sismica

In base al D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 ("Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria"), il territorio del Comune di Nè è inserito in zona 3, sottozona 3A, corrispondente ad un valore di accelerazione orizzontale ag = 0,15 g.

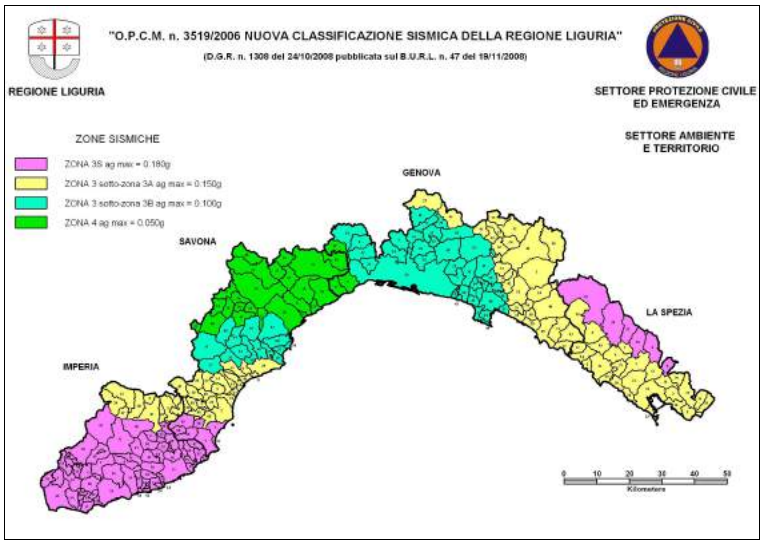


Fig.13 Classificazione sismica della Regione Liguria

Categoria di suolo

Per quanto riguarda i valori delle Vs, sulla base della bibliografia e dai dati acquisiti direttamente in campagna, si possono stimare i valori medi. Pertanto, la categoria del suolo, ai fini della definizione dell'azione sismica è assimilabile alla categoria "A" e cioè: "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi,caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.", secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008 per quanto riguarda i fronti di coltivazione, e "B", ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina)" per quanto riguarda il rilevato di ricomposizione ambientale.

Coefficiente di amplificazione topografica St

Per quanto riguarda l'amplificazione sismica la morfologia dei luoghi influenza gli effetti del sisma, ed infatti si identificano tre conformazioni tipiche:

a) **conca**: conformazione rocciosa a conca con un riempimento di terreno soffice. Si realizzano fenomeni di rifrazione delle onde sismiche che risultano concentrate in una zona localizzata al centro della conca.
b) **pendio**: è dimostrato che le accelerazioni lungo il pendio sono maggiori rispetto al suolo pianeggiante.
c) **vetta**: rappresenta il caso più pericoloso. Le azioni sismiche si focalizzano sul punto sommitale in cui le azioni risultano notevolmente incrementate.

Il sito di intervento è collocato in un pendio, pertanto sono possibili fenomeni di maggiori accelerazioni sismiche. La categoria topografica è T2 (tabella 3.2.IV NTC) e il coefficiente di amplificazione topografica risulta St=1,2

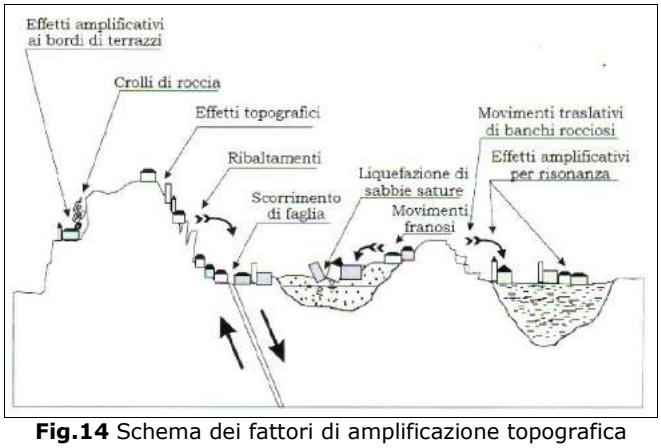


Fig.14 Schema dei fattori di amplificazione topografica

Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR}.
La pericolosità sismica è definita in termini di:
-accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale categoria T1;
-ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.
Gli stati limite ultimi (SLU) dinamici sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

Gli stati limite di esercizio (SLE) dinamici sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD)

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"; l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati* limite presi in considerazione viene definita

partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

PARAMETRI SISMICI-GRADONI

Sito in esame.

latitudine:	44.3552763187185
longitudine:	9.4605598319834
Classe:	1
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17147	Lat: 44.3655Lon: 9.4344	Distanza: 2368.403
Sito 2	ID: 17148	Lat: 44.3679Lon: 9.5042	Distanza: 3745.290
Sito 3	ID: 17370	Lat: 44.3179Lon: 9.5075	Distanza: 5581.940
Sito 4	ID: 17369	Lat: 44.3156Lon: 9.4377	Distanza: 4773.502

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	A		
Categoria topografica:	T2		
Periodo di riferimento:	35anni		
Coefficiente cu:	0.7		
Operatività (SLO):			
Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:		30	[anni]
ag:		0.039 g	
Fo:		2.496	
Tc*:		0.213	[s]
Danno (SLD):			
Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:		35	[anni]
ag:		0.042 g	
Fo:		2.487	
Tc*:		0.220	[s]
Salvaguardia della vita (SLV):			
Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:		332	[anni]
ag:		0.110 g	
Fo:		2.424	
Tc*:		0.279	[s]
Prevenzione dal collasso (SLC):			
Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:		682	[anni]
ag:		0.146 g	
Fo:		2.384	
Tc*:		0.287	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:		
	Ss:	1.000
	Cc:	1.000
	St:	1.200
	Kh:	0.009
	Kv:	0.005
	Amax:	0.457
	Beta:	0.200
SLD:		
	Ss:	1.000
	Cc:	1.000

St: 1.200
Kh: 0.010
Kv: 0.005
Amax: 0.492
Beta: 0.200

SLV:
Ss: 1.000
Cc: 1.000
St: 1.200
Kh: 0.036
Kv: 0.018
Amax: 1.293
Beta: 0.270

SLC:
Ss: 1.000
Cc: 1.000
St: 1.200
Kh: 0.047
Kv: 0.024
Amax: 1.714
Beta: 0.270

PARAMETRI SISMICI-RILEVATO DI RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE E TERRE ARMATE

Sito in esame.
latitudine: 44.355276
longitudine: 9.46056
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17147	Lat: 44.3655Lon: 9.4344	Distanza: 2368.432
Sito 2	ID: 17148	Lat: 44.3679Lon: 9.5042	Distanza: 3745.291
Sito 3	ID: 17370	Lat: 44.3179Lon: 9.5075	Distanza: 5581.905
Sito 4	ID: 17369	Lat: 44.3156Lon: 9.4377	Distanza: 4773.474

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1.5

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0.047 g
Fo: 2.473
Tc*: 0.234 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0.059 g
Fo: 2.488
Tc*: 0.254 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0.148 g
Fo: 2.383
Tc*: 0.287 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0.189 g
Fo: 2.373
Tc*: 0.295 [s]

Coefficienti Sismici
SLO:
Ss: 1.200
Cc: 1.470

	St:	1.200
	Kh:	0.014
	Kv:	0.007
	Amax:	0.666
	Beta:	0.200
SLD:		
	Ss:	1.200
	Cc:	1.450
	St:	1.200
	Kh:	0.017
	Kv:	0.008
	Amax:	0.832
	Beta:	0.200
SLV:		
	Ss:	1.200
	Cc:	1.410
	St:	1.200
	Kh:	0.051
	Kv:	0.026
	Amax:	2.089
	Beta:	0.240
SLC:		
	Ss:	1.200
	Cc:	1.400
	St:	1.200
	Kh:	0.065
	Kv:	0.033
	Amax:	2.667
	Beta:	0.240



Fig.15 Nodi del reticolo sismico di riferimento della zona in esame

Valutazione dell'azione sismica nei pendii (Slope Geostru 2010)

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

Fh=Kh *W

Fv=Kv *W

Essendo:
FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
Ko: Coefficiente sismico orizzontale
Kv: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Ko e Kv indipendenza di vari fattori:
Ko= βs×(amax/g)
Kv=±0,5×Ko
Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
amax accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.
amax= SS ST ag
SS(effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0(Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST(effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:
T1*(ST= 1.0)* ***T2****(ST= 1.20)* ***T3****(ST=1.20)* ***T4****(ST= 1.40).*
Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è così valutato:

TR=-VR/ln(1-PVR)

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale Ko e verticale Kv che interessano tutte le masse vengono calcolatati come:
Ko= S · (ag/g) Kv= 0.5· Ko
S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:
tipo A - S=1;
tipo B - S=1.25;
tipo C - S=1.25;
tipo E - S=1.25;
tipo D - S=1.35.
Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica ST:
ST≥ 1,2 per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
ST≥ 1,4 per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°; ST≥ 1,2 per siti dello stesso tipo, ma pendenza media inferiore.

13 - VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE DEI FRONTI DI SCAVO

Le suddette verifiche di stabilità globali dei fronti di cava sono state condotte considerando le situazioni più critiche, ed in particolare sono state considerate le traccie delle sezioni 5-5, 8-8 e 11-11.

Per ogni sezione si è proceduto alla verifica di stabilità, considerando le condizioni più sfavorevoli, utilizzando i parametri ridotti riportati nei capitoli precedenti e l'amplificazione sismica. Ai fini della sicurezza si è utilizzato un valore di coesione pari a 1/10 di quella calcolata.

La stabilità globale del versante è stato verificato tramite il software Slope della Geostru, come visibile negli allegati.

Per quanto riguarda i parametri geomeccanici si sono utilizzati i coefficienti ridotti (Vd), come consigliato nel capitolo 6, par. 6.2.3.1.2 e in particolare alla Tab. 6.2.II delle NTC.

La metodologia utilizzata per la verifica è il Metodo dei conci elaborato da Bishop.
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

- *n* valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- *n* valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- *(n-1)* forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- *(n-1)* forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- *n* valori della coordinata *a* che individua il punto di applicazione delle E_i;
- *(n-1)* valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

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

mentre le equazioni a disposizione sono:
- Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
- Equazioni relative al criterio di rottura *n*

Totale numero di equazioni *4n*

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

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

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

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

Con il metodo di Bishop (1955) non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.
Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$SF_V = 0$, $SM_0 = 0$, Criterio di rottura.

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

I valori di *F* e di *DX* per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre *DX= 0* ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di *Bishop ordinario,* gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Si sottolinea che la metodologia di applicare metodi calcolo internazionalmente riconosciuti (Bishop. Jambu etc) su pendii in roccia è riconosciuta in molteplici studi e analisi a carattere nazionale, internazionale e nell'ambito scientifico ed universitario.

A titolo di esempio si riportano alcuni lavori specialistici sull'argomento:

- Stead D., Eberhardt E., Coggan J., Benko B., Advanced numerical techniques in rock slope atability analysis, Application and limitation; Landslide, June 2001

- Eberhardt E., Rock slope stability analysis, Utilization of advanced Numerical Tecnique, Canada 2004.

Di seguito vengono riassunti in tabella i risultati ottenuti tramite il software.

Sezione	Fs
5	1,52
8	1,73
11	1,32

In allegato si trovano i dettagli di calcolo delle sezioni.

14 – ANALISI DI STABILITA' DEI GRADONI

14.1 Analisi statistica per cinematismi di scivolamento

Nel caso di cava in materiale rigido con una coltivazione a gradoni si prevede generalmente una analisi impostata sulla verifica allo scivolamento di cunei rispettivamente su una superficie di scivolamento o su due o più superfici che si intersecano.

L'effettivo movimento delle strutture è legato al verificarsi di altre ulteriori condizioni indispensabili al realizzarsi del cinematismo:

- mancanza di continuità laterale della massa rocciosa,
- effettiva emersione in superficie delle fratture di cui si è accennato sopra,
- dimensioni del cuneo fisicamente compatibili con quelle della cava,
- condizione di effettiva persistenza delle discontinuità su tutta la superficie di contatto del cuneo idealizzato, etc.

In modo particolare si ritiene utile evidenziare come in accordo con i primi tre punti il cuneo e/o il piano idealmente formati devono essere posti in relazione alla morfologia della cava e dell'area circostante.

In altri termini il cuneo e/o il piano deve risultare abbastanza piccolo da far sì che le fratture che lo individuano si sviluppino completamente all'interno delle pareti di cava ed analogamente l'andamento morfologico della superficie topografica sopra il ciglio del fronte deve permettere l'emersione delle suddette fratture, diversamente il cuneo e/o il piano non potrà muoversi o perché "fermato" dai fronti laterali della cava (se è troppo grande) o perché fisicamente congiunto con l'ammasso roccioso se le fratture non emergono sulla superficie superiore esterna.

Nel caso delle coltivazioni di cava a cielo aperto, la valutazione di stabilità viene effettuata con i metodi classici di equilibrio al limite allo scivolamento di cunei cinematicamente rimovibili e dell'analisi dei prismi di parete rimovibili.

L'approccio generale adottato è di tipo statistico: per ogni famiglia rappresentativa della situazione strutturale della cava si considera il campione medio con le proprie caratteristiche di variabilità, mentre per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza dei giunti si è cercato di utilizzare lo spettro più ampio di variazione degli stessi come descritto nei paragrafi precedenti al fine di descrivere tutta la forbice all'interno della quale sono distribuiti i coefficienti di sicurezza.

Le ipotesi alla base del metodo di equilibrio limite dei cunei analizzati sono: completa persistenza delle fratture ed andamento planare delle stesse con mantenimento delle caratteristiche superficiali individuate, interessamento dell'intero fronte per tutto il suo sviluppo in altezza (se non diversamente specificato e motivato, ad esempio per permettere la realistica formazione del cuneo), presenza di acqua secondo la legge derivante dall'ipotesi di distribuzione di Hoek e Bray (legge bitriangolare con pressione nulla in testa ed al piede del cuneo) localmente percentualmente deratata dove poco realistica (cunei-schegge parietali).

Il metodo di analisi utilizzato è quello analitico alle equazioni vettoriali sviluppato da Hoek e Bray (1981) nel classico lavoro "Rock Slope Engineering" che analizza le condizioni geometriche nello spazio, le caratteristiche delle discontinuità, la presenza di acqua, l'eventuale utilizzo di tiranti stabilizzanti.

Per la determinazione dei cunei tipo è stato utilizzato il programma SWEDGE© di Rocscience Inc. sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria delle Rocce dell'Università di Toronto sotto la supervisione del Dr. E. Hoek.

Il programma esegue una serie di simulazioni secondo il metodo Monte Carlo generando casualmente, nell'ambito delle distribuzioni definite, diversi valori per ogni parametro

considerato e calcola, per ogni cuneo riconosciuto valido, cioè cinematicamente rimovibile, il coefficiente di sicurezza.

Per eseguire le verifiche di stabilità dei fronti rocciosi attuali o previsti nella cava sono state prese in considerazione le diverse situazioni corrispondenti alle situazioni più critiche che si possono verificare nella cava.

I volumi, espressi in m^3 ed indicati nelle tabelle che riepilogano i risultati delle analisi di stabilità dei vari fronti, si riferiscono al potenziale cuneo isolato dalle due famiglie prese in considerazione.

Il programma sovrastima tali cubature in quanto prende in considerazione solo due sistemi per volta; in questo modo due sistemi sub-ortogonali al fronte e con direzione di immersione opposta possono generare cunei teoricamente molto grandi.

In realtà, nel caso della formazione di cunei, i potenziali blocchi sono isolati da più di due discontinuità; nel nostro caso ad esempio le discontinuità a traverpoggio riducono le dimensioni dei cunei generati da sistemi ortogonali al fronte. Per ovviare a tale inconveniente s'è ipotizzata la presenza di un tension crack parallela al fronte.

Per lo scivolamento dei piani è stato utilizzato il programma PLANE© di Rocscience Inc. sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria delle Rocce dell'Università di Toronto sotto la supervisione del Dr. E. Hoek.

L'analisi tramite questo software ha permesso di verificare le condizioni di stabilità degli stati a franapoggio paralleli al versante, ovvero nella condizione più pericolosa per la stabilità. Si sono quindi posti i parametri geomeccanici (con coesione pari a 0), presenza di acqua lungo i giunti, l'effetto sismico e utilizzando il valore della stratificazione massimo posta a franapoggio nel versante (40°) si è proceduto all'analisi.

1) Calcari a Calpionelle con fronte 230/70 e H=15 m

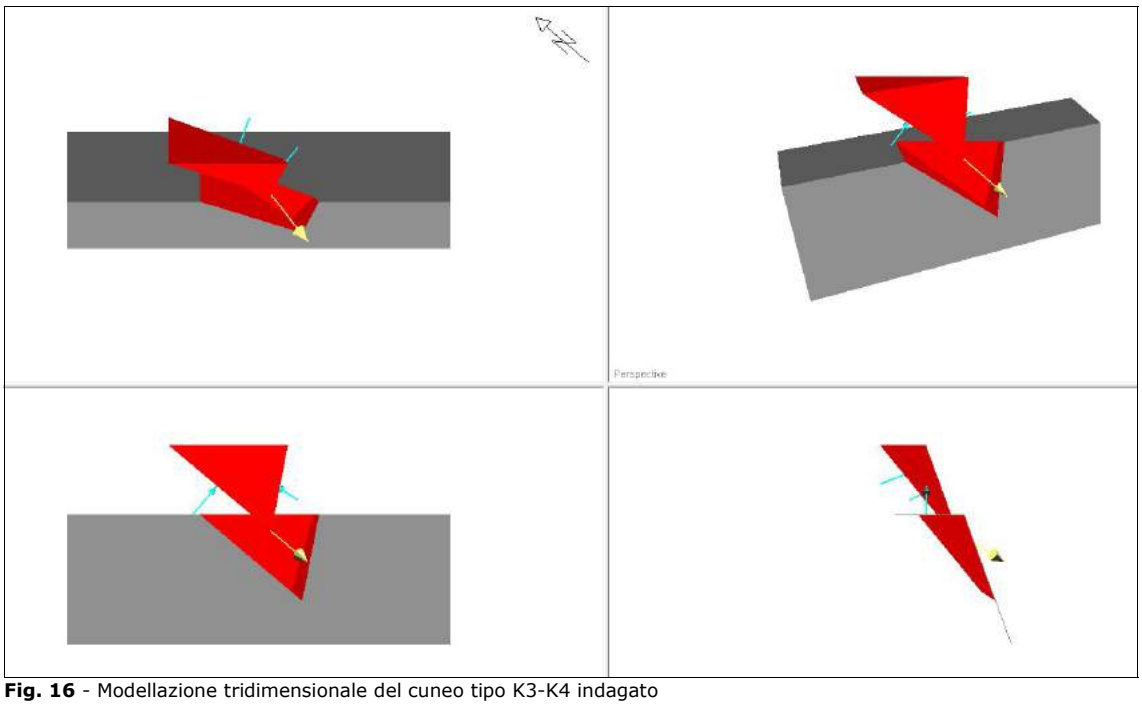


Fig. 16 - Modellazione tridimensionale del cuneo tipo K3-K4 indagato

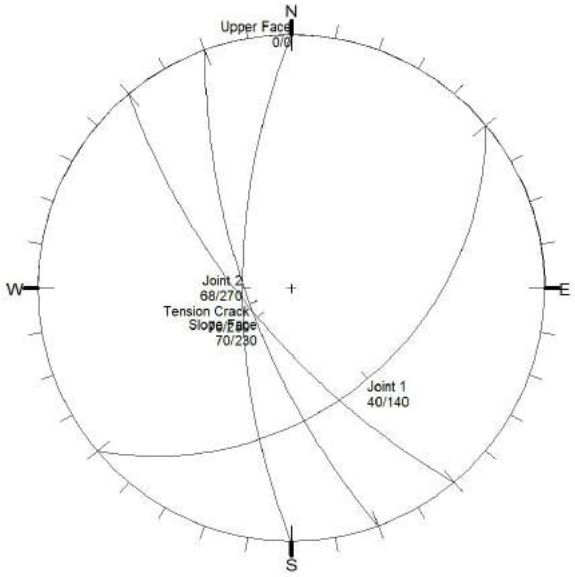


Fig. 17 - Rappresentazione stereografica del cuneo tipo K3-K4 indagato

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=**1.93641**
Wedge height(on slope)=15 m
Wedge width(on upper face)=8 m
Wedge volume=488.071 m3
Wedge weight=1317.79 tonnes
Wedge area (joint1)=105.243 m2
Wedge area (joint2)=32.2235 m2
Wedge area (slope)=165.997 m2
Wedge area (upper face)=87.4704 m2
Wedge area (tension crack)=150.731 m2
Normal force (joint1)=1051.44 tonnes
Normal force (joint2)=574.872 tonnes
Driving force=783.182 tonnes
Resisting force=1516.56 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.120434 tonnes/m2
Water force on joint1=12.6748 tonnes
Water force on joint2=3.8808 tonnes
Water force on tension crack=18.1531 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=173.553 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=27.3015 deg, trend=192.037 deg
length=3.52861 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=23.966 m
Joint2 on slope face=16.2279 m
Joint1 on upper face=8 m
Joint2 on upper face=1.18164 m
Tension crack on upper face=21.1697 m

Maximum Persistence:
Joint1=26.9392 m
Joint2=16.3629 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 58.6095 deg
J1&Crest on slope face = 41.7633 deg
J1&Crest on upper face = 90 deg
J2&Crest on slope face = 79.6272 deg
J2&Crest on upper face = 40 deg
J1&TC on upper face = 70 deg
J2&TC on upper face = 160 deg

Joint Set 1 Data:

dip=40 deg, dip direction=140 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=43 deg

Joint Set 2 Data:

dip=68 deg, dip direction=270 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=43 deg

Slope Data:

dip=70 deg, dip direction=230 deg
slope height=15 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=YES

Upper Face Data:

dip=0 deg, dip direction=0 deg

Tension Crack Data:

dip=70 deg, dip direction=250 deg
trace length=8 meters

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.1317
Direction=line of interesection J1&J2
trend=192.037 deg, plunge=27.3015 deg

2) Calcari a Calpionelle con strati a franapoggio paralleli al versante, h=15 m e fronte a 70°

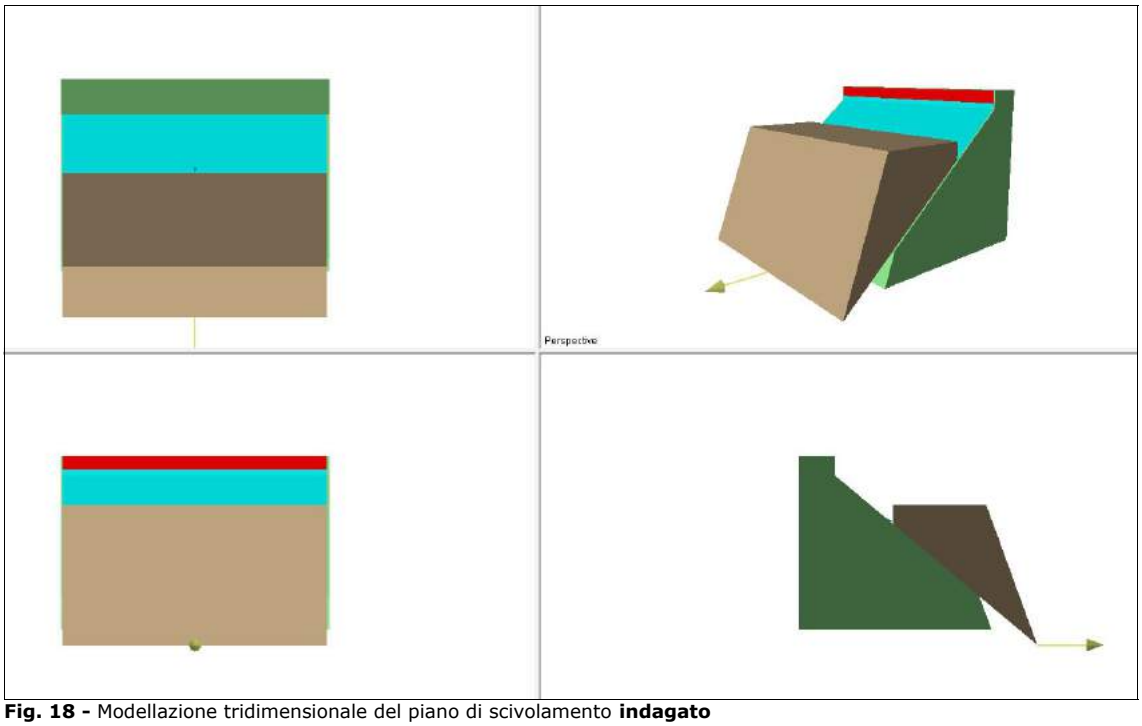


Fig. 18 - Modellazione tridimensionale del piano di scivolamento **indagato**

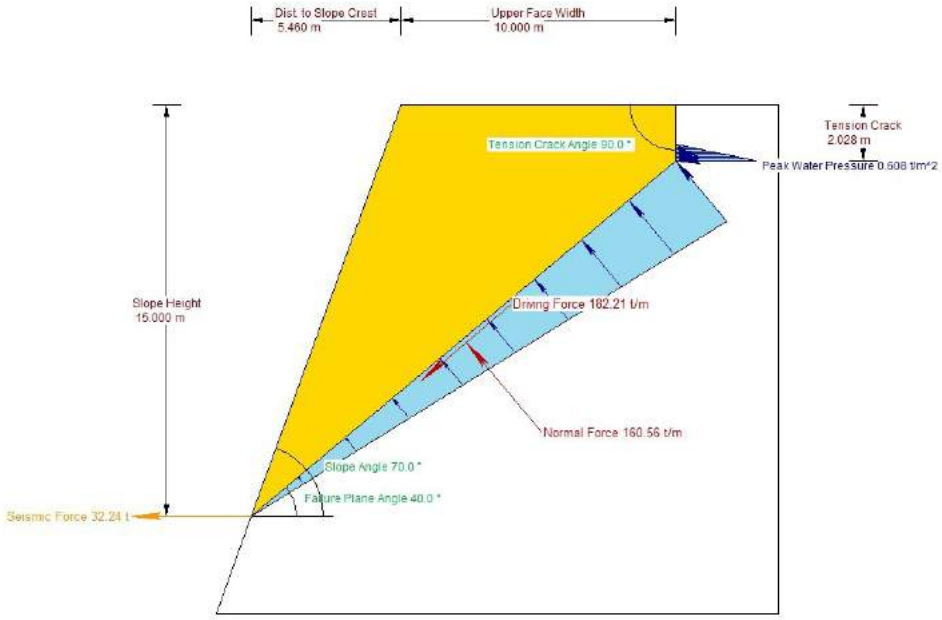


Fig. 19 – Schema **delle** forze del piano di scivolamento

Analysis Results:

Analysis type = Deterministic
Normal Force = 160.562 t/m

Resisting Force = 208.166 t/m
Driving Force = 182.211 t/m
Factor of Safety = **1.14245**

Geometry:

Slope Height = 15 m
Wedge Weight = 244.823 t/m
Wedge Volume = 90.6752 m^3/m
Rock Unit Weight = 2.7 t/m^3
Slope Angle = 70 °
Failure Plane Angle = 40 °
Upper Face Angle = 0 °
Bench Width : Not Present
Waviness = 20 °

Intersection Point (B) of slope and upper face = (5.45955 , 15)
Intersection point (C) of tension crack and upper face = (15.4596 , 15)
Intersection point (D) of failure plane and tension crack = (15.4596 , 12.9721)
Slope length (Origin --> B) = 15.9529 m
Tension Crack Length (C --> D) = 2.02789 m
Failure Plane length (Origin --> D) = 20.181 m

Tension Crack : present
Tension Crack Angle = 90 °
Distance From Crest = 10 m
Tension Crack Length = 2.02789 m

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb
Friction Angle = 43 °
Cohesion = 0 t/m^2
Shear Strength: 149.727 t/m^2

Water Pressure:

Water Unit Weight = 1 t/m^3
Pressure Distribution Model : TC Base
Percent Filled TC: 30 %
Ignore Failure Plane Pressure: NO
Water Force on Failure Plane = 6.13874 t/m
Water Force on Tension Crack Plane = 0.185056 t/m

Seismic Force:

Direction : Horizontal
Seismic Coefficient : 0.1317
Seismic Force : 32.2432 t/m

N° Analisi	Fs
1	1,94
2	1,14

Tabella riassuntiva dei fattori di sicurezza delle analisi di stabilità eseguite

I fattori di sicurezza assumono i valori riportati in tabella, ottenuti per i potenziali cunei, isolati da sistemi che hanno una direzione d'immersione che differisce di 45°- 90° rispetto a quella dei fronti o piani di roccia inclinati parallelamente alla stratificazione.

Nelle verifiche è stato calcolato il coefficiente per i vari Stati Ultimi, utilizzando sempre il valore di amax calcolato per SLV (1.317), come previsto dalle NTC. Inoltre, a favore della sicurezza si è posta la coesione pari a zero.
Il fattore di sicurezza è sempre risultato superiore a quello minimo, pari a 1.

In base ai risultati ottenuti è possibile affermare che i fronti di cava in progetto, che hanno altezza media di 15 metri, sono stabili.

14.2 Analisi di ribaltamento colonnare

Questa analisi viene affrontata per identificare situazioni che ipoteticamente potrebbero dare origine a fenomeni di ribaltamento.

Infatti, si osserva che questo fenomeno è subordinato alla presenza di una stratificazione verticale o comunque ad una fitta presenza di giunti subverticali.

Secondo la terminologia di Varnes 1958 (classificazione maggiormente diffusa dei movimenti franosi in roccia) i principali tipi di *rock topple* sono: il *flexural toppling* (figura 20a) caratterizzato da un sistema prevalente di discontinuità verticali che accomuna anche il *block toppling* (figura 21); il *block-flexure toppling* (figura. 20c e figura 21) caratterizzato da flessione pseudo continua di colonne (anche in questo caso determinate da un pseudo stratificazione verticale) già interessate da numerosi giunti trasversali che, raddrizzati a seguito della flessione, possono dar luogo a successivo scivolamento.

Il fenomeno complesso dello scivolamento conseguente al toppling, ossia un *complex rock topplerock,* è ancora più evidente nel *chevron topple* (figura 20b) una tipologia di *block topple* che si può manifestare su versanti piuttosto acclivi e caratterizzata da inclinazione circa costante delle colonne, ruotate verso valle attorno a punti di cerniera tali da configurare una vera e propria discontinuità non conforme né alla giacitura dei piani di strato né a quella dei giunti trasversali.

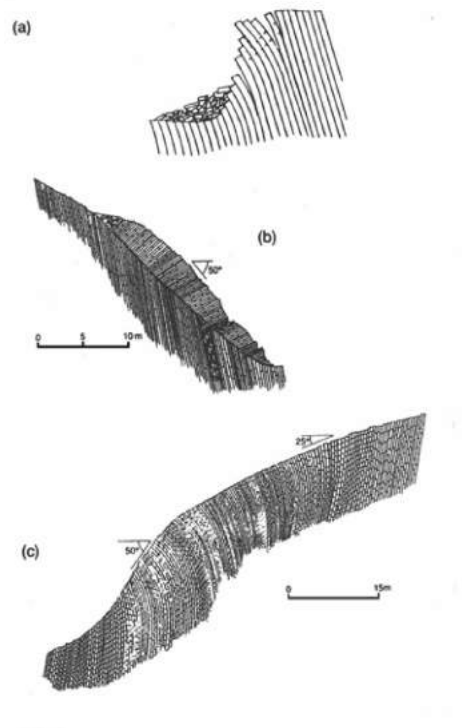


Fig. 20 - Tipologie di toppling a)b)c) (Cruden & Varnes, 1996)

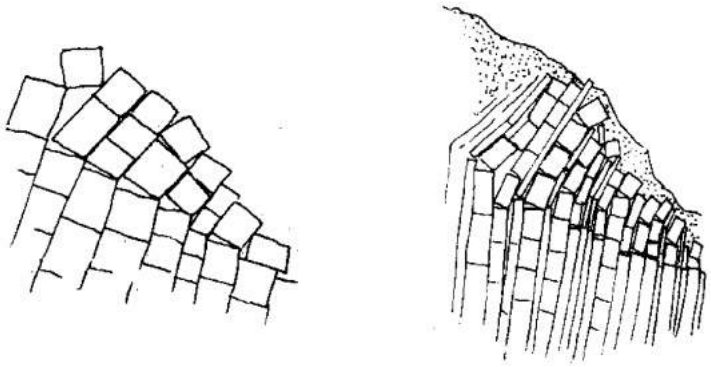


Fig. 21 - Block toppling a sinistra e block flexural toppling a destra

La figura 22 (Hoek & Bray, 1981) rappresenta ulteriori classi secondarie di movimenti, sempre con toppling, quali ad esempio: *slide head topple*, il *slide base toppling*, il *slide toe topple,* il *toppling and slumping* o il *tension crack topple* in cui un tipo di movimento, ad es. lo scivolamento, induce il ribaltamento in zone differenti della frana originando quindi un fenomeno composito, oppure la creazione di fratture di trazione che può originare in parete blocchi sottili in condizione di ribaltare.

Le principali condizioni di ribaltamento reperite in bibliografia presuppongono perciò, in ogni caso, una fitta presenza di giunti subverticali in grado di determinare delle porzioni tabulari di roccia.

Spesso il fenomeno è contiguo ad altri quali lo scivolamento piano su giunto o il rilascio di prisma con scivolamento su una superficie.

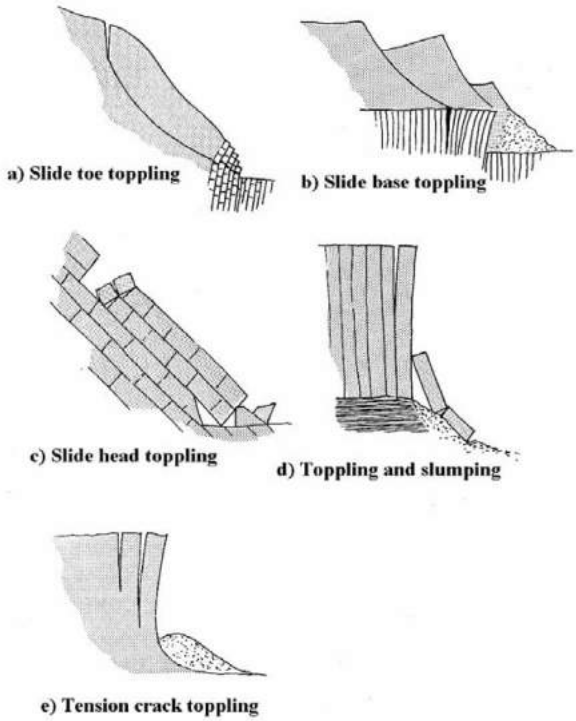


Fig. 22 - Tipologie secondarie di toppling (Hoek & Bray, 1981)

Poiché il cinematismo possa avvenire è necessaria la concomitante presenza di una frattura al piede che tagli l'elemento, oltre ovviamente ad altre fratture sub-verticali che lo isolino lateralmente, sia naturale che indotta.

Tale fenomeno è in genere tipico di situazioni con presenza di materiali fortemente stratificati verticalmente.

Dalle analisi fatte risulta che nelle rocce esaminate in cava le possibilità che si possa innescare un fenomeno di ribaltamento sono molto scarse o nulle.

Infatti, nel caso riguardante il fronte principale della cava (circa 230/70) i poli potenzialmente instabili appartengo alla famiglia K2 o K4; è da considerare però che alla base è sempre presente la stratificazione (K1 o K3) che rende di fatti assai improbabile il fenomeno del ribaltamento, anche in virtù della bassa pendenza degli strati; nei casi di stratificazione a reggipoggio risulta ancora più improbabile, sia per la geometria che per la pendenza degli strati.

Anche la possibilità che il fenomeni si presenti nelle zone di cerniera (solo nelle pieghe con piano assiale diretto verso SW) appare del tutto improbabile anche per le limitate dimensioni delle masse in gioco.

15 – VERIFICHE DI STABILITA' DEL RILEVATO DI RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE

Le verifiche che seguono sono state eseguite in conformità di quanto prescritto al punto 6.8 "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" delle NTC lungo le sezioni di ripristino ambientale. Nei criteri generali di progetto delle NCT (6.8.1) si specifica che "Il progetto di un manufatto di materiali sciolti deve tener conto dei requisiti prestazionali richiesti e delle caratteristiche dei terreni di fondazione". Nel caso specifico il rilevato ha una funzione di ricomposizione ambientale, senza alcun carico, e poggia su roccia e pertanto non si pongono particolari problemi.

Allo stesso punto si precisa anche che "Nel progetto devono essere indicate le prescrizioni relative alla qualificazione dei materiali e alla posa precisando tempi e modalità di costruzione, in particolare lo spessore degli strati in funzione dei materiali. Sono altresì da precisare i controlli da eseguire durante la costruzione e i limiti di accettabilità dei materiali, del grado di compattazione da raggiungere e della deformabilità degli strati".

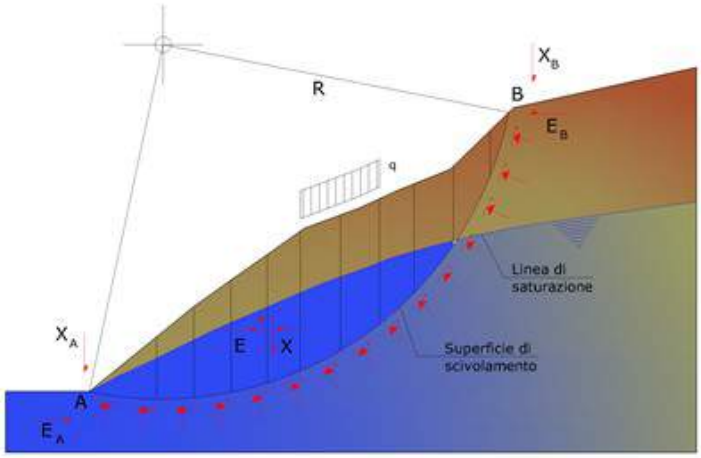
Secondo quanto riportato al punto 6.8.2 delle NTC, le verifiche di sicurezza sono state eseguite secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle.

Definizione
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Metodo equilibrio limite (LEM)
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

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



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

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

Complessivamente le incognite sono (6n-2).
Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n;
- equazioni relative al criterio di rottura n.

Totale numero di equazioni 4n.

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

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

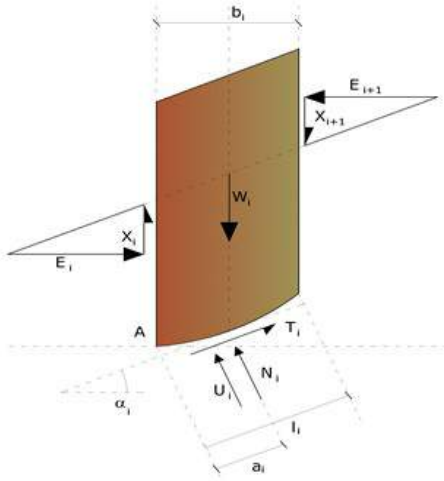
Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Bishop (1955)
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere

il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \qquad \textbf{Criterio di rottura}$$

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



I valori di F e di DX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre DX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario,** gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Le verifiche di cui sopra sono eseguite con programma Slope 2018 della Geostru – Software applicando il metodo di calcolo di Bishop, i risultati sono visibili nei grafici e tabelle allegate.

Nelle verifiche si è posta la coesione pari ad 1/2 di quella calcolata per il detrito, e pari a 1/10 per il substrato; ed è stata ipotizzata una falda orientata verso valle, oltre che l'amplificazione sismica e i parametri di progetto.

Sezione	Fsmin con coesione 1/2
12	1,24

16-PRESCRIZIONI PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO DI RIPRISTINO AMBIENTALE E PIANO DI MONITORAGGIO

Come risulta dalle verifiche fatte i valori dei coefficienti di sicurezza allo scorrimento dei rilevati di ripristino ambientale sono risultati pienamente accettabili.

Chiaramente le condizioni di stabilità esaminate fanno riferimento ad alcuni criteri di posa in opera del materiale e di opere accessorie che sono qui richiamati come prescrizioni da rispettare nella fase di esecuzione dei lavori:

- Il ripristino ambientale dovrà essere eseguito sistemando il materiale scaricato in strati di circa 50 cm di spessore, adeguatamente compattati con mezzo meccanico, in modo che le resistenze più basse, siano compatibili con parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche;

- In fase di formazione del ripristino ambientale è necessario fare verifiche geotecniche della compattazione del materiale con prove specifiche, carico su piastra e penetrometrie DPM/DPSH, almeno ogni 5 metri di abbancamento verticale, con almeno tre prove, adeguatamente distribuite per determinare le caratteristiche medie del materiale;

- Al progredire del ripristino ambientale dovrà essere curata e mantenuta in efficienza la regimazione idrica delle acque meteoriche come da progetto;

- Man mano che i vari ripiani saranno giunti alle quote di progetto, si dovrà procedere alla semina di essenze erbacee ed arbustive anti-erosione e successivamente essenze vegetali arboree.

- Dovrà essere installato in luogo idoneo, deciso dalla Direzione Lavori, un piezometro finestrato, per monitorare la presenza di acqua all'interno del volume di materiale di riporto, misurato con cadenza almeno bimestrale e/o dopo eventi di particolare rilevanza.

Con queste prescrizioni sarà garantita la stabilità del ripristino ambientale in progetto ed il suo mantenimento nel tempo e la rapida rinaturalizzazione dei luoghi.

Monitoraggio in corso d'opera:
Il monitoraggio in corso d'opera è affidato alla Direzione Lavori che provvederà a verificare i lavori in corso e la loro esecuzione, nonché a d eseguire opportune prove geotecniche sui materiali abbancati, ogni qualvolta si renderà necessario sulla base della tipologia e granulometria dei materiale, ma comunque almeno ogni 5 m di materiale abbancato, tramite prove DPM, DPSH o prove di carico su piastra.

Monitoraggio biennale post opera:
Al fine di prevedere un adeguato monitoraggio dell'opera della durata biennale, si prevede di effettuare, una volta completata l'ultima fase progettuale, le seguenti operazioni:

- sopralluoghi almeno semestrali da parte di tecnico competente sui fronti in roccia;
- sopralluoghi almeno semestrali da parte di tecnico competente sulle aree oggetto di ripristino ambientale;
- verifica trimestrale, ed in occasione di forti rovesci, della efficienza idraulica di smaltimento delle acque piovane, delle canalette e delle vasche di sedimentazione;

- pulizia delle vasche di sedimentazione e delle canalette quando si rende necessario, anche a seguito del punto sopraesposto;
- verifica strumentale topografica di punti noti, da effettuarsi almeno annualmente;
- redazione di documentazione fotografica adeguata ad ogni sopralluogo;
- Report finale alla conclusione dei due anni di monitoraggio post operam;

17-MATERIALI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DEL RIPRISTINO AMBIENTALE

In virtù di quanto riportato nelle recenti delibere di giunta regionale 671 e 672 del 26/07/2019, e vista la pregressa normativa:

- il D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m. e i., recante "Norme in materia ambientale" e in particolare la parte quarta, relativa alla gestione dei rifiuti;
- il D.M. 5 febbraio 1998 e s.m. e i., recante "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero";
- il D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 117 e s.m. e i., recante "Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive che modifica la direttiva 2004/35/CE";
- il D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11 novembre 2014, n. 164";
- la legge regionale 5 aprile 2012, n. 12 e s.m., recante: "Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva", come modificata in ultimo dalla legge regionale 2 agosto 2017 n. 18 "Modifiche alle leggi regionali 5 aprile 2012, n. 12 (Testo Unico sulla disciplina dell'attività estrattiva) e 12 aprile 2011, n. 7 (Disciplina di riordino e razionalizzazione delle funzioni svolte dalle comunità montane soppresse e norme di attuazione per la liquidazione)";
- la legge regionale 6 giugno 2014, n. 13 e s.m. e i., recante "Testo Unico della normativa regionale in materia di paesaggio";
- la D.G.R. 431 del 27 marzo 2015 "Aggiornamento D.G.R. n. 141 del 5 febbraio 2010, recante: "Modifiche alle Linee Guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse, di cui alla D.G.R. n. 141/2008"

CONSIDERATO inoltre che la Corte di Giustizia Europea – Sezione IV, con propria sentenza C-147 in data 28 luglio 2016, ha escluso che l'attività di riempimento di una cava con rifiuti diversi da quelli di estrazione sia soggetta alla disciplina generale delle discariche di rifiuti se tale operazione è qualificabile come recupero di rifiuti;

CONSIDERATO quanto riporato nella delibera di giunta n° 672 del 26/07/2019 sancisce che il ripristino ambientale possa essere realizzato mediante i materiali di seguito descritti.

"In particolare, il ripristino ambientale dovrà essere conseguito, in coerenza con il comma 3 dell'art. 17 della l.r. n. 12/2012 e s.m. e i. utilizzando i seguenti materiali:

- ***Rifiuti di estrazione*** *di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d) del D.Lgs. 30 maggio 2008 n. 117;*
- ***Terre e rocce da scavo*** *classificate come sottoprodotti ai sensi dell'art. 184-bis del D. Lgs 152/2006 e s.m. e i.,*

secondo i criteri e le procedure definiti dal DPR 120/2017;

- ***Rifiuti inerti*** sottoposti ad *attività di recupero R10 autorizzate in forma semplificata ex art. 214,215, e 216 o in forma ordinaria ex art. 208 del D. Lgs.152/2006*;
- ***Materie end of waste*** *derivanti da attività di recupero rifiuti conformi alle caratteristiche indicate dal D.M. 5 febbraio 1998, con particolare riferimento al paragrafo 7.1 e al paragrafo 12.3;*

I suddetti materiali dovranno essere compatibili con le caratteristiche chimico-fisiche, idrogeologiche e geomorfologiche delle aree oggetto di riempimento, non costituire fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale, e rispettare le condizioni di seguito elencate:

- ✓ ***Rifiuti di estrazione****: siano approvati i relativi Piani di Gestione dei Rifiuti di estrazione di cui all'art. 5 del D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 117;*
- ✓ ***Terre e rocce da scavo****:*
  - *il contenuto dei contaminanti sia conforme alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) di cui alla colonna A della tabella 1, Allegato 5, al Titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, ovvero, conforme alle CSC di cui alla colonna B della medesima tabella, nel caso in cui la previsione dello strumento urbanistico, che identifica la destinazione d'uso del sito alla conclusione della coltivazione della cava, sia di tipo commerciale o industriale, o ai valori di fondo naturali;*
  - *nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, sugli stessi siano rispettate le CSC delle acque sotterranee di cui alla tabella 2, allegato 5, al titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 o i valori di fondo naturali, tramite apposito test di cessione effettuato secondo le metodiche di cui al D.M. 5 febbraio 1998;*
- ✓ ***Rifiuti inerti****: sottoposti ad attività di recupero R10:*
  - *il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al D.M. 5 febbraio 1998;*
  - *il contenuto dei contaminanti sia conforme a quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, in funzione della specifica destinazione d'uso;*
  - *siano rispettate le CSC delle acque sotterranee di cui alla tabella 2, allegato 5, al titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 o i valori di fondo naturali, tramite apposito test di cessione effettuato secondo le metodiche di cui al D.M. 5 febbraio 1998;*
- ✓ ***Materie end of waste*** *derivanti da attività di recupero rifiuti conformi alle caratteristiche indicate dal D.M. 5 febbraio 1998, con particolare riferimento al paragrafo 7.1 e al paragrafo 12.3; ai fini dell'individuazione delle caratteristiche delle materie o rifiuti destinate alle operazioni di ripristino ambientale è di riferimento la Circolare del Ministero dell'Ambiente 15 luglio*

2005, n. UL/2005/5205.

- *le procedure autorizzative in caso di recupero rifiuti di competenza della Città Metropolitana /Provincia in materia ambientale siano preventive o comunque coordinate con l'approvazione del programma di coltivazione o sue varianti;*
- *sia tenuto in cava apposito registro in cui annotare le tipologie di materiale abbancato, la provenienza ed i relativi quantitativi, fermo restando l'obbligo di tenere i registri di carico e scarico di cui all'art. 190 del D.Lgs 152/2006 e s.m. e i. nei casi ivi previsti;*
- *sia trasmessa alla Regione e alla Città Metropolitana/Provincia, entro il 31 marzo di ogni anno, una relazione contenente i dati consuntivi dell'anno precedente del suddetto registro, comprensiva di una dichiarazione dalla quale sia possibile desumere il rispetto delle condizioni di cui ai punti precedenti."*

stabilire che gli esercenti delle attività estrattive il cui programma di coltivazione e recupero ambientale prevede l'impiego dei materiali come definiti al precedente punto 1, possono proseguire l'attività di abbancamento secondo i profili autorizzati;

stabilire che gli esercenti delle attività estrattive che intendono modificare le tipologie di materiale per l'abbancamento o le geometrie dei profili previsti nel programma di coltivazione e ripristino ambientale autorizzato, presentino apposita istanza di variante allo SUAP che:

- *nel caso in cui garantisca pienamente l'esecuzione del programma di coltivazione e la sistemazione ambientale secondo i profili autorizzati con caratteristiche equivalenti in termini di fattori di sicurezza e di tutela ambientale, è soggetta esclusivamente alle verifiche sotto il profilo del vincolo idrogeologico di competenza comunale;*
- *negli altri casi è oggetto di procedimento di autorizzazione ai sensi dell'art. 12, comma 1, della l.r. 12/2012 e s.m. e i.;*
- *nel caso di attività di recupero rifiuti presuppone l'acquisizione delle autorizzazioni ambientali di competenza della Città Metropolitana/Provincia;*

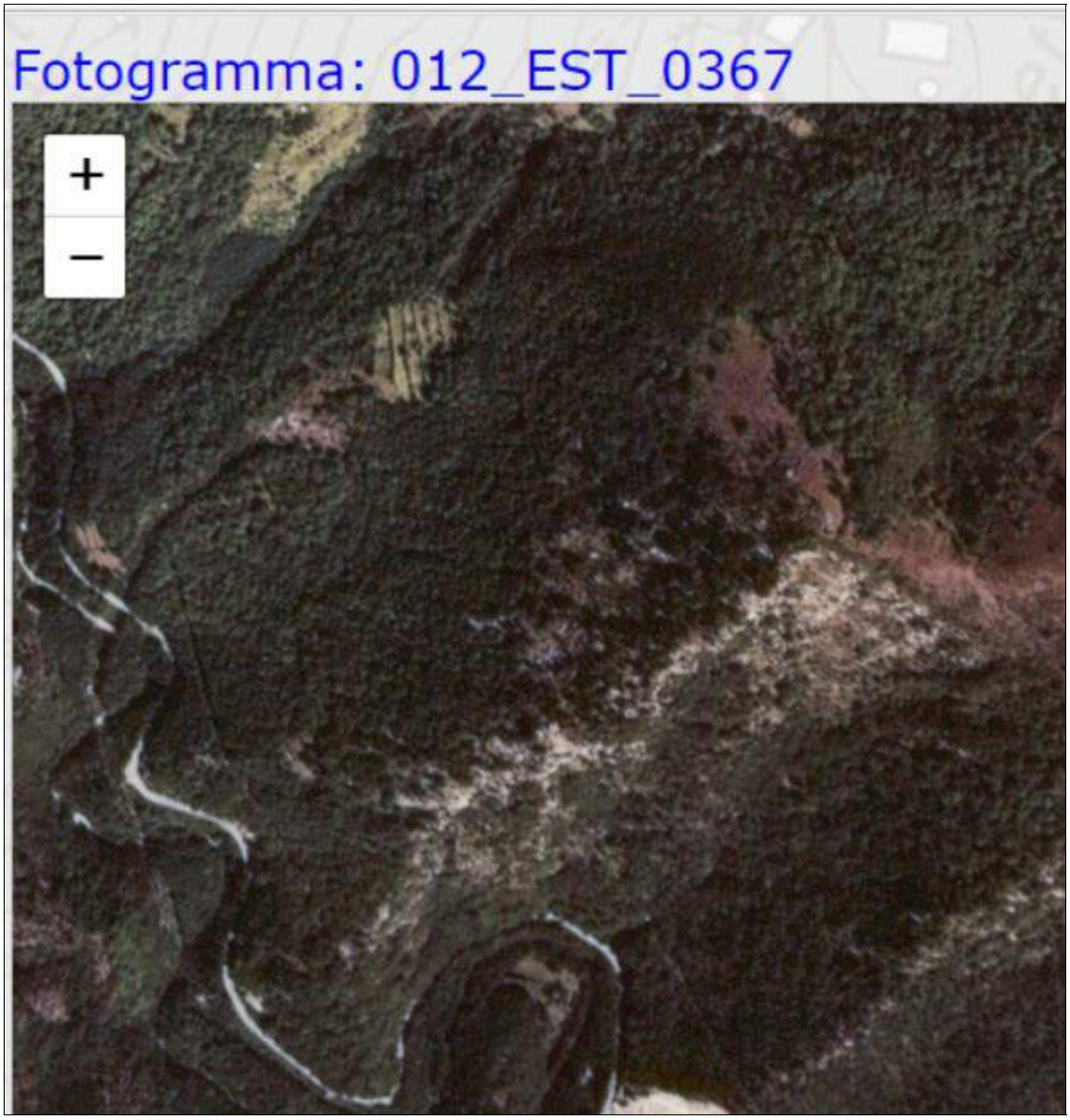
Vista la citata normativa si richiede pertanto di poter di poter utilizzare tutti i suddetti materiali sopra elencati al fine del riempimento previsto nella cava.

Il progettista
Dott. Geologo Luca Piaggi

18-BIBLIOGRAFIA

- Abbate E., Bortolotti V., Galbiati B., Principi G., 1980, Carta Geologica delle ofioliti del Bargognasco e dell'alta Val Graveglia, scala 1:25000, ed. L.A.C. Firenze;
- Bieniawski Z.T., 1989, Eigineering rock mass classification, J. Wiley & Sons;
- Boccaletti & Tortorici - Appunti di Geologia strutturale. Patron Editore (Bologna);
- Butler & Bell -1988- Lettura e interpretazione delle carte geologiche. Zanichelli (Bologna);
- Coppola B., Mancini M., Marchese F., Pedemonte S., Rossi F.M., 1992, La classificazione geomeccanica di Bieniawski: modalità di applicazione nella progettazione di gallerie in roccia, Geologia Tecnica e Ambientale, n° 4/92;
- Coppola B., Mancini M., Marchese F., Pedemonte S., Rossi F.M., 1994, Considerazioni tecniche e contrattuali relative all'applicazione del sistema RMR, Geologia Tecnica e Ambientale, n° 2/94;
- Faccini F., Marescotti P., Robbiano A., 2000, La Val Graveglia,: un tesoro geologico nell'appenino ligure, editore Fassicomo Genova;
- Falcioni C., Nosengo S., Paoletti L., Pedemonte S., 1995., Caratteristiche di resistenza al taglio di discontinuità in roccia di alcuni litotipi liguri, Professione Geologo, n° 1-2 1995;
- Geostru, Manuale del software Slope 2010;
- Giani G.P. Analisi di stabilità dei pendii parte 1°, GEAM quaderno n°8;
- Hoek E., Brown E.T., The Hoek-Brown failure criterion - a 1998 update, 18° Canadian Rock Mech. Symposium, Toronto, 1988;
- I.S.R.M., 1993, Raccomandazioni ISRM sulle metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose, Rivista Italiana di Geotecnica n° 2 1993.
- McClay -1987- The mapping of geological structures. Geol. Soc. London, handbook series, 161pp;
- Mercier & Vergely - Tettonica. Lezioni di geologia strutturale. Pitagora Editore (Bologna);
- Pozzi R., Clerici A., 1985, L'applicazione della classificazione di Z.T. Beniawski alla stabilità delle scarpate in roccia, Costruzioni, anno XXXIV, n°2;
- Ragan -1985- Structural geology An introduction to geometrical techniques. J. Wiley & Sons (New York), 393 pp.;
- Rocscience, Manuale del software Dips;
- Rocscience, Manuale del software Plane;
- Rocscience, Manuale del software Swedge;
- Twiss & Moores - Structural Geology. Freeman and Company (New York);

19-ALLEGATI



ORTOFOTO DEL 1974



FOTO SATELLITARE 2012



FOTO SATELLITARE 2014



FOTO SATELLITARE 2018

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1: LA CAVA CEISENA RIPRESA DL BASSO



FOTO 2: CAVA CEISENA, GRADONE, BEN EVIDENTI LA STRATIFICAZIONE E LA PIEGA



FOTO 3: CAVA CEISENA, LATO SINISTRO DEL FRONTE DI CAVA



FOTO 4: CAVA CEISENA, STRATIFICAZIONE A REGGIPOGGIO LUNGO LA STRADA DI ARROCCO



FOTO 5: PIAZZALE DELLA CAVA CEISENA, CAVA CADANA E IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE



FOTO 6: FRONTE DESTRO DELLA CAVA CEISENA E AREA DI STUDIO



FOTO 7: IL VERSANTE OGGETTO DI STUDIO



FOTO 8: L'AREALE RIPRESO DAL MONTE DI FRONTE

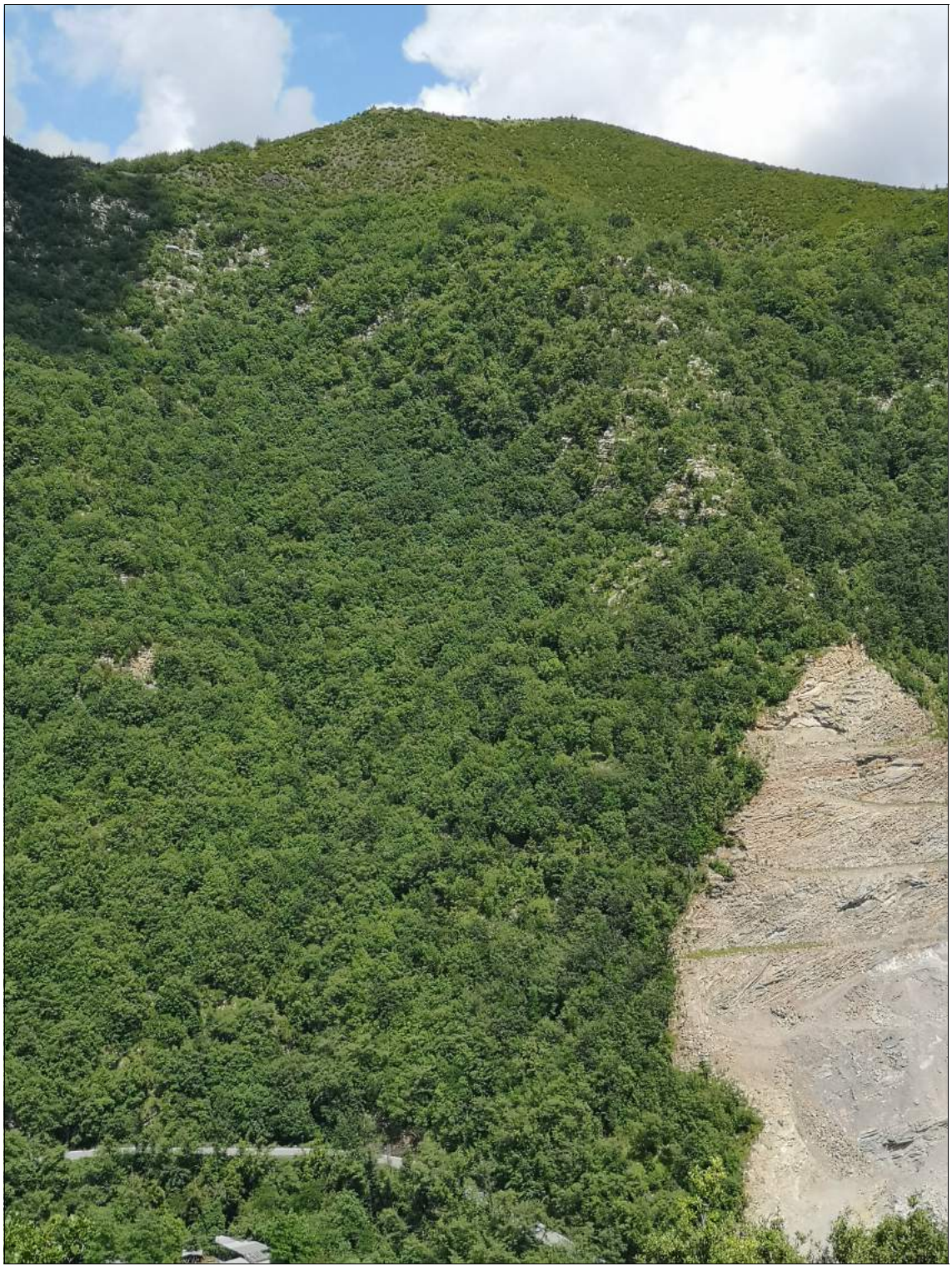


FOTO 9: L'AREALE RIPRESO DAL MONTE DI FRONTE

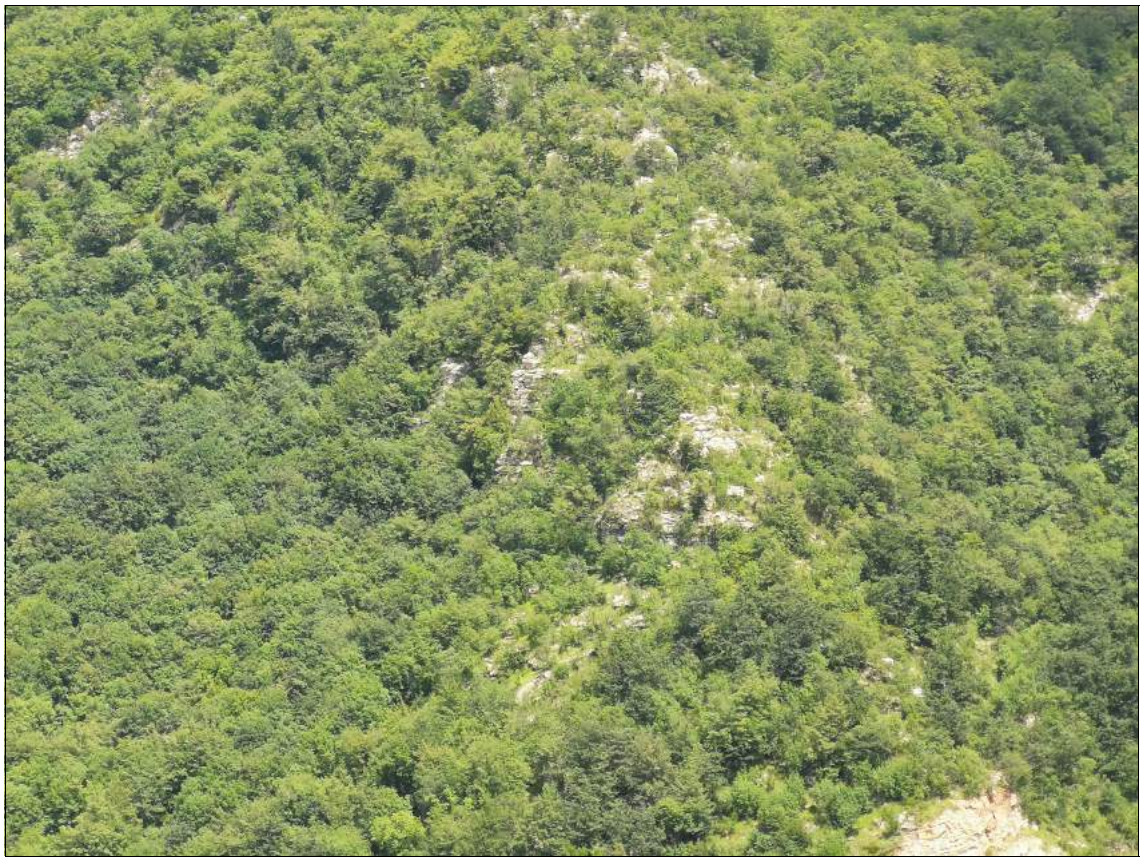
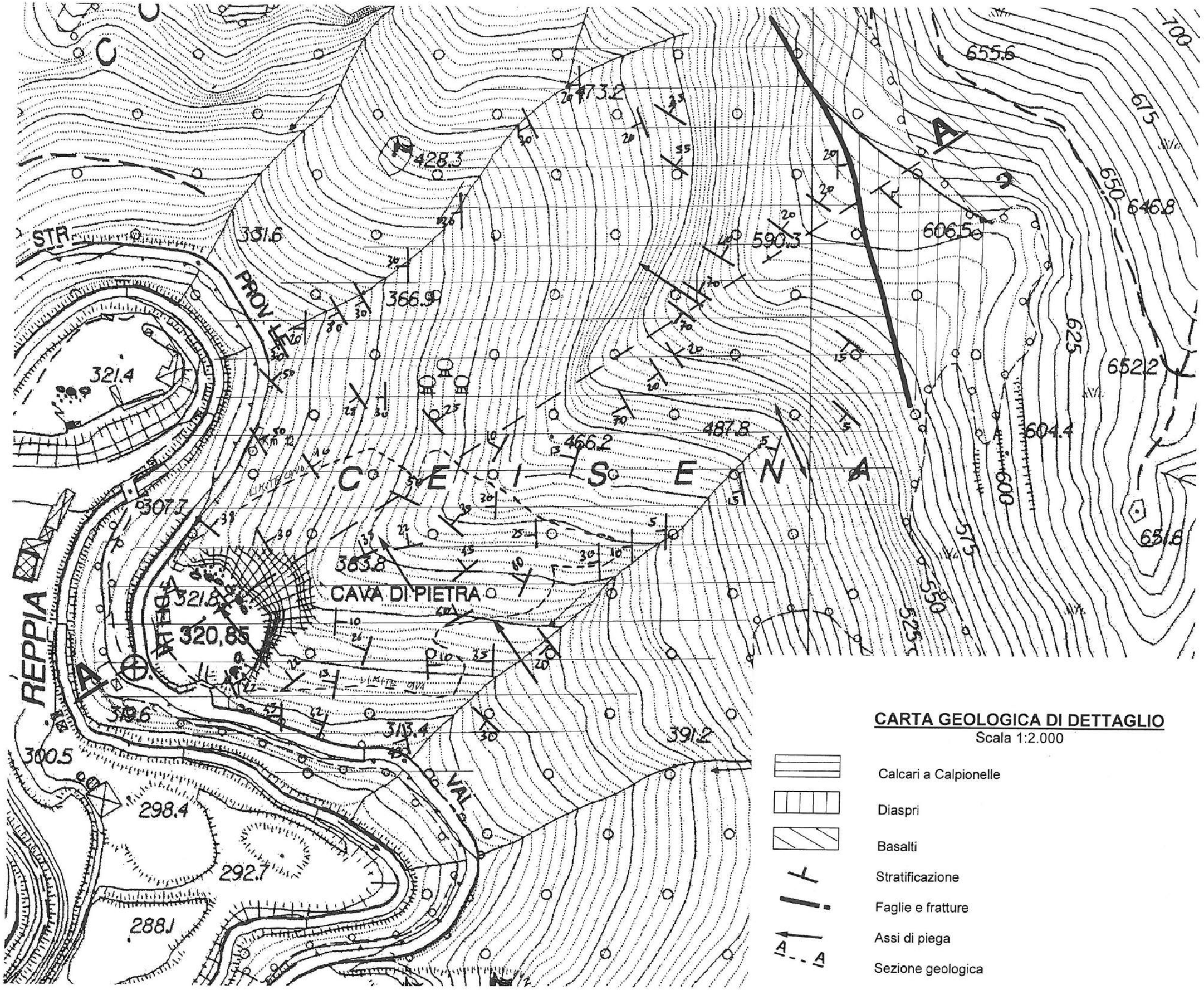


FOTO 10: DETTAGLIO DEGLI AFFIORAMENTI LUNGO LA LINEA DI CRINALE



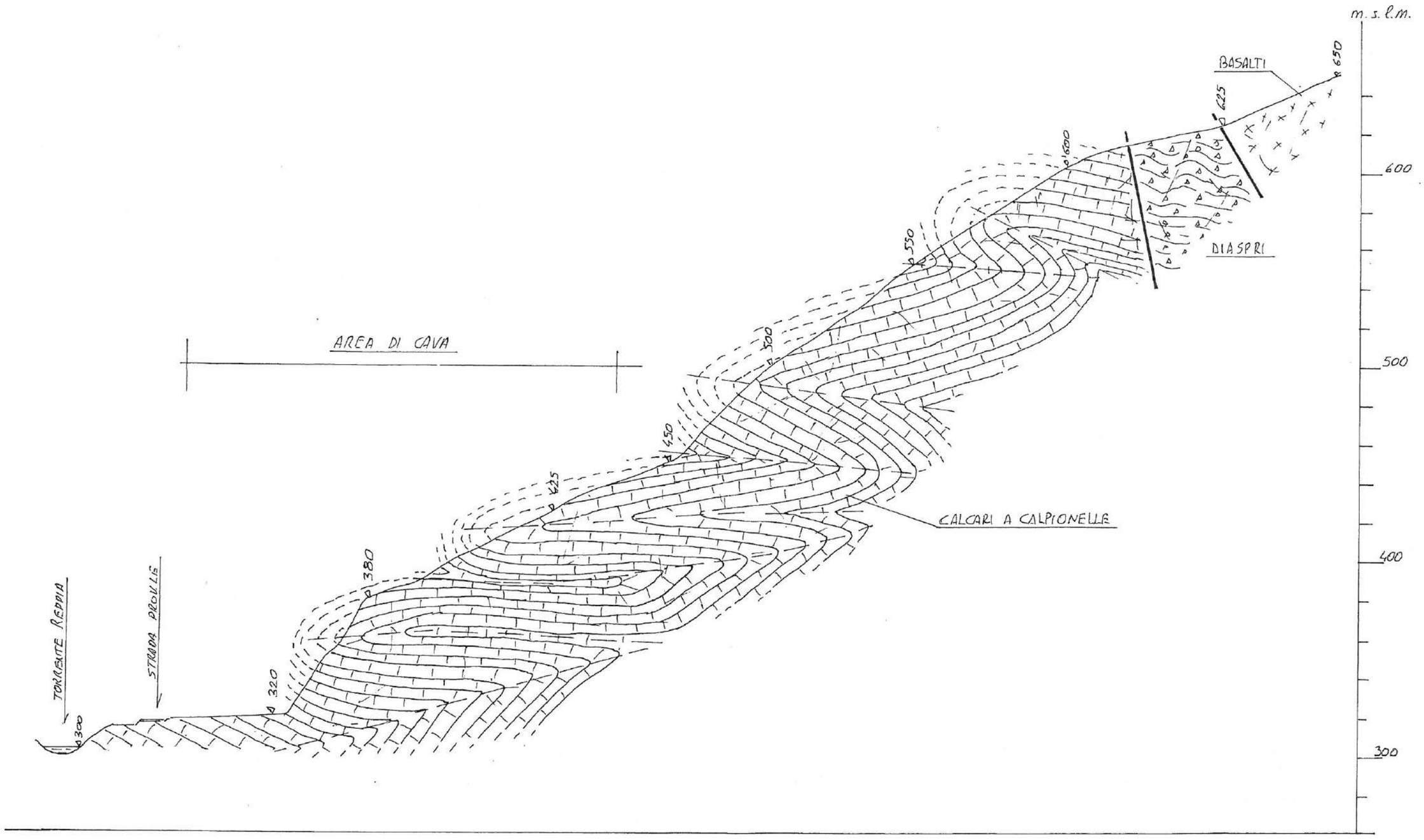
FOTO 11: L'AREALE RIPRESO DAL MONTE DI FRONTE



CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Scala 1:2.000

- Calcari a Calpionelle
- Diaspri
- Basalti
- Stratificazione
- Faglie e fratture
- Assi di piega
- Sezione geologica



SEZIONE GEOLOGICA D'INSIEME A - A

Scala 1:2000

Verifica di stabilità - sezione 5 -5

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,3552763187185/9,4605598319834
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	182,22 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	74,1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	287,86 m
Ordinata vertice destro superiore ys	161,86 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,38	2,5	0,21
S.L.D.	35,0	0,41	2,49	0,22
S.L.V.	332,0	1,08	2,42	0,28
S.L.C.	682,0	1,43	2,38	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,456	0,2	0,0093	0,0047
S.L.D.	0,492	0,2	0,01	0,005
S.L.V.	1,296	0,29	0,0383	0,0192
S.L.C.	1,716	0,29	0,0507	0,0254

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,038
Coefficiente azione sismica verticale	0,019

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	162,97
2	3,76	159,46
3	7,76	150,7
4	18,28	151,2
5	19,78	147,2
6	27,04	147,2
7	35,3	136,68
8	45,57	136,43
9	51,83	126,17
10	60,84	125,91
11	65,85	116,4
12	72,86	115,4
13	76,86	105,13
14	83,12	104,88
15	88,88	95,12
16	94,64	94,87
17	99,15	85,36
18	104,9	85,61
19	109,41	74,59
20	115,67	75,09
21	119,68	65,33
22	127,19	64,32
23	130,19	54,31
24	136,95	54,06
25	141,71	43,54
26	148,22	43,79
27	152,97	33,28
28	158,48	32,78
29	163,24	23,01
30	169,25	23,26
31	172,5	13,0
32	178,51	13,0
33	183,52	2,73
34	189,78	3,23
35	191,28	-2,77
36	196,29	-2,77
37	198,04	-8,03
38	244,36	-8,28
39	247,36	1,98
40	255,38	2,73
41	259,88	14,0
42	267,14	13,0
43	270,9	19,51
44	287,67	19,51

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-12,77	137,92
2	57,12	78,25
3	111,69	30,06
4	176,48	-5,69
5	305,73	-10,47

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso saturo (t/m³)	Litologia	
1	0.836		44.75	2.7	2.7		

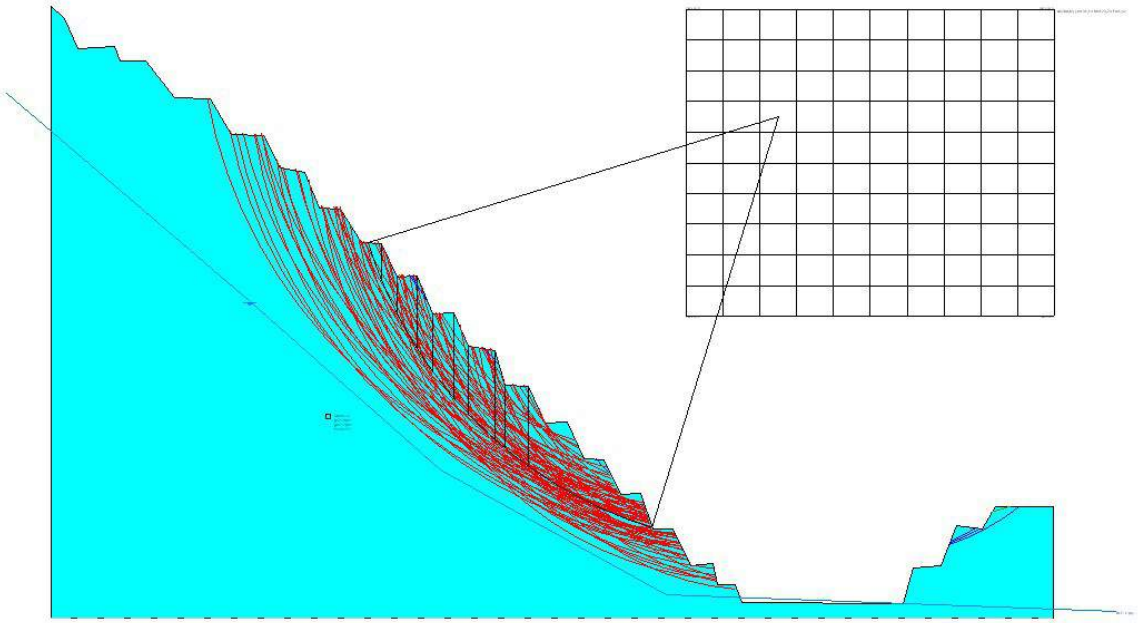
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	208,63 m
Ordinata centro superficie	131,14 m
Raggio superficie	123,24 m

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

xc = 208,63 yc = 131,143 Rc = 123,237 Fs=1,519

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,84	70,3	11,39	58745,1	8232,32	1116,16	0,84	44,8	0,0	-300,4	62499,4
2	4,51	65,2	10,73	133239,0	5063,08	2531,54	0,84	44,8	0,0	78683,6	110403,1
3	5,76	60,0	11,52	251333,3	9550,67	4775,33	0,84	44,8	0,01	84433,7	183726,0
4	4,51	55,5	7,95	229819,8	8733,15	4366,58	0,84	44,8	0,01	75451,6	158244,5
5	6,26	51,3	10,01	352523,0	13395,87	6697,94	0,84	44,8	0,02	72825,6	233118,9
6	4,01	47,6	5,94	240285,0	9130,83	4565,42	0,84	44,8	0,01	86942,5	154675,0
7	7,51	43,8	10,44	60841,7	17511,98	8755,99	0,84	44,8	0,03	58951,9	291492,8
8	3,0	40,4	3,95	178176,7	6770,72	3385,36	0,84	44,8	0,01	38541,6	112133,2
9	6,76	37,5	8,53	379335,0	14414,73	7207,37	0,84	44,8	0,02	94608,3	239170,8
10	35,44	26,3	39,54	1222613,0	46459,29	23229,64	0,84	44,8	0,09	49719,0	837359,8



Verifica di stabilità – Sezione 8-8

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,3552763187185/9,4605598319834
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	102,21 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	112,47 m
Ascissa vertice destro superiore xs	184,78 m
Ordinata vertice destro superiore ys	171,77 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,38	2,5	0,21
S.L.D.	35,0	0,41	2,49	0,22
S.L.V.	332,0	1,08	2,42	0,28
S.L.C.	682,0	1,43	2,38	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,456	0,2	0,0093	0,0047
S.L.D.	0,492	0,2	0,01	0,005
S.L.V.	1,296	0,29	0,0383	0,0192
S.L.C.	1,716	0,29	0,0507	0,0254

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0383
Coefficiente azione sismica verticale	0,0192

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	182,02
2	10,94	173,32
3	14,17	167,35
4	19,14	167,1
5	22,87	154,92
6	31,08	155,66
7	35,06	142,73
8	42,76	142,73
9	48,73	131,05
10	57,18	130,8
11	62,15	117,38
12	72,35	117,87
13	77,82	105,19
14	88,01	104,94
15	92,24	93,76
16	98,95	93,01
17	105,66	82,82
18	111,63	83,07
19	112,38	82,32
20	117,1	82,32
21	120,58	78,34
22	125,3	77,85
23	127,29	70,88
24	132,76	69,64
25	135,0	63,92
26	140,47	63,18
27	143,45	58,7
28	148,67	58,7
29	151,91	48,51
30	158,37	48,26
31	161,11	47,27
32	166,82	47,27
33	175,77	35,58
34	179,5	35,08
35	186,46	41,3
36	191,69	41,05
37	193,18	42,54
38	208,34	33,09

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5,61	162,46
2	61,53	90,9
3	105,39	67,62
4	152,19	41,16
5	213,21	30,62

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso saturo (t/m³)	Litologia	
1	0.836		44.74	2.7	2.7		

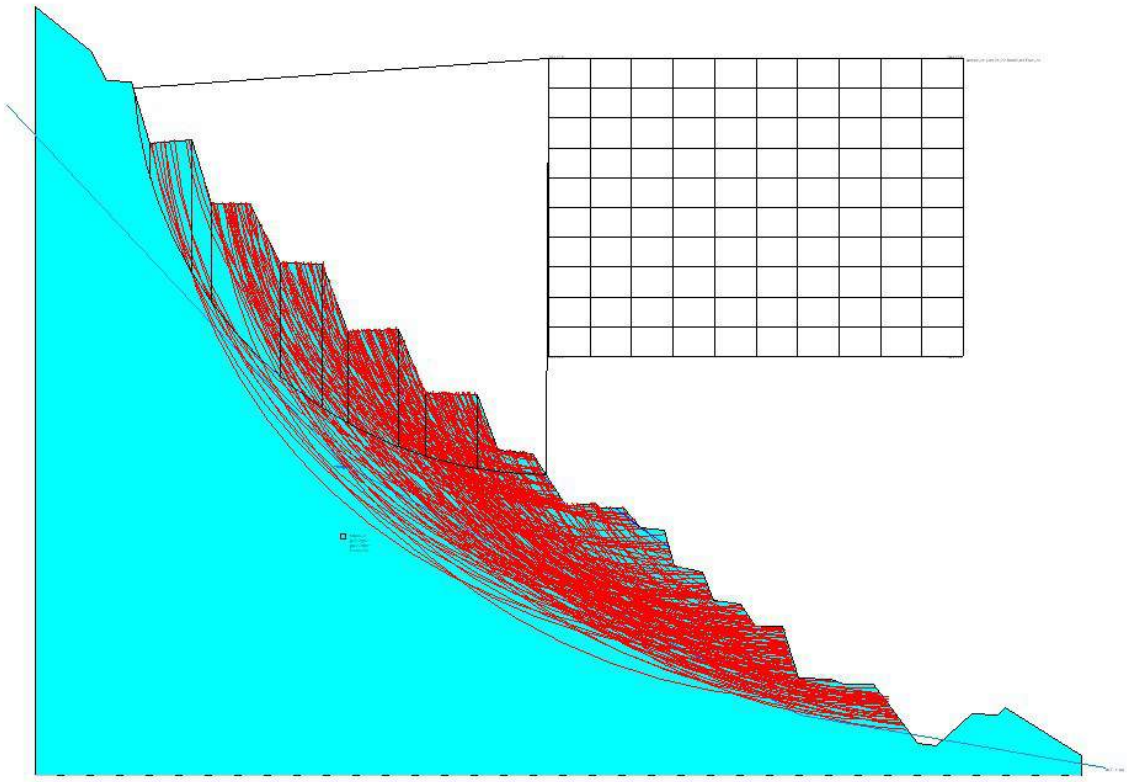
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,73
Ascissa centro superficie	102,21 m
Ordinata centro superficie	171,77 m
Raggio superficie	82,89 m

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

xc = 102,206 yc = 171,768 Rc = 82,893 Fs=1,734

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,35	79,5	18,43	56081,53	2147,92	1076,77	0,84	44,7	0,0	-42104,5	64812,3
2	8,2	66,1	20,27	406076,8	15552,74	7796,68	0,84	44,7	0,03	41487,4	292922,1
3	3,98	56,6	7,23	248738,5	9526,68	4775,78	0,84	44,7	0,02	13739,5	157014,0
4	13,67	47,1	20,11	027552,0	39355,26	19729,01	0,84	44,7	0,08	70189,6	594308,8
5	8,45	36,5	10,52	589623,4	22582,58	11320,77	0,84	44,7	0,04	89110,5	330291,4
6	4,97	30,9	5,79	315062,6	12066,9	6049,2	0,84	44,7	0,02	61130,4	177195,7
7	10,19	25,0	11,25	578511,6	22157,0	11107,42	0,84	44,7	0,04	84018,9	330885,6
8	5,47	19,1	5,79	267238,7	10235,24	5130,98	0,84	44,7	0,02	28000,0	158230,8
9	10,19	13,5	10,48	383070,7	14671,61	7354,96	0,84	44,7	0,03	35786,3	242471,2
10	13,66	5,1	13,72	157339,3	6026,1	3020,92	0,84	44,7	0,01	44650,3	148819,2



Verifica di stabilità – sezione 11-11

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,3552763187185/9,4605598319834
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	159,93 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	146,98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	284,94 m
Ordinata vertice destro superiore ys	225,79 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,38	2,5	0,21
S.L.D.	35,0	0,41	2,49	0,22
S.L.V.	332,0	1,08	2,42	0,28
S.L.C.	682,0	1,43	2,38	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,456	0,2	0,0093	0,0047
S.L.D.	0,492	0,2	0,01	0,005
S.L.V.	1,296	0,29	0,0383	0,0192
S.L.C.	1,716	0,29	0,0507	0,0254

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,038
Coefficiente azione sismica verticale	0,019

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	226,47
2	19,36	217,98
3	22,42	211,53
4	26,16	200,66
5	30,91	200,99
6	34,65	189,78
7	39,75	189,78
8	44,5	177,56
9	50,62	178,57
10	55,03	166,68
11	62,17	166,34
12	66,24	156,15
13	71,0	155,47
14	76,09	145,28
15	82,55	145,28
16	85,95	133,05
17	92,74	133,39
18	97,5	122,86
19	104,29	121,84
20	109,05	110,97
21	114,48	111,31
22	118,56	99,76
23	125,01	100,1
24	130,11	88,55
25	134,86	88,21
26	140,3	77,68
27	147,43	77,34
28	152,19	66,13
29	158,3	66,47
30	161,7	54,92
31	167,82	55,26
32	172,57	43,71
33	178,69	42,69
34	183,44	32,5
35	189,9	32,84
36	193,63	24,35
37	197,37	24,35
38	199,75	20,95
39	232,02	20,61
40	237,46	31,82
41	246,63	32,16
42	252,74	43,71
43	260,56	43,37
44	264,97	54,58
45	277,88	54,24
46	289,09	48,81

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-10,6	197,6
2	54,62	121,16
3	92,67	63,07

4	175,56	18,57
5	305,67	17,89

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso saturo (t/m³)	Litologia	
1	0.836		44.74	2.7	2.7		

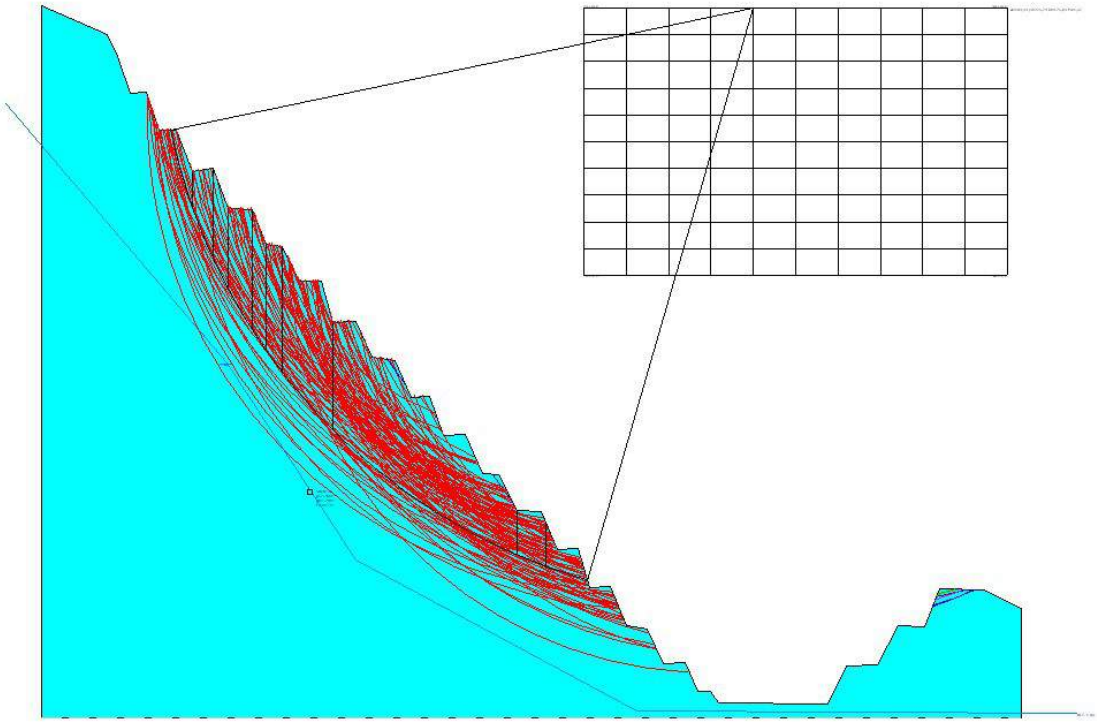
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,32
Ascissa centro superficie	209,94 m
Ordinata centro superficie	225,79 m
Raggio superficie	175,69 m

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

xc = 209,937 yc = 225,793 Rc = 175,691 Fs=1,322

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6,53	74,2	24,04162	579,4	6178,02	3089,01	0,84	44,7	0,0	16342,7	164312,6
2	6,11	67,7	16,11319	618,9	12145,52	6072,76	0,84	44,7	0,0209	981,1	259332,4
3	4,42	63,5	9,88303	679,2	11539,81	5769,9	0,84	44,7	0,0221	702,2	228715,7
4	7,13	59,6	14,08577	158,8	21932,03	10966,02	0,84	44,7	0,0433	975,3	414381,9
5	4,08	56,1	7,33696	61,2	14047,13	7023,56	0,84	44,7	0,0280	738,1	256651,7
6	4,76	53,6	8,01441	856,6	16790,55	8395,27	0,84	44,7	0,0335	078,1	301857,0
7	14,95	48,6	22,59145	4549,0	55272,86	27636,43	0,84	44,7	0,0110	1026,0	968319,1
8	54,35	34,1	65,65470	2476,0	178694,1	89347,03	0,84	44,7	0,0358	0249,0	3099355,0
9	8,47	21,9	9,13337	321,3	12818,21	6409,1	0,84	44,7	0,0261	607,0	253848,5
10	12,31	18,3	12,96244	162,6	9278,18	4639,09	0,84	44,7	0,0184	435,3	220258,9



Verifica di stabilità del rilevato ambientale – sezione 12

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,355276/9,46056
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	114,68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	104,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	211,13 m
Ordinata vertice destro superiore ys	140,57 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	75,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45,0	0,46	2,47	0,23
S.L.D.	75,0	0,58	2,49	0,25
S.L.V.	712,0	1,45	2,38	0,29
S.L.C.	1462,0	1,85	2,37	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6624	0,18	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,8352	0,18	0,0153	0,0077
S.L.V.	2,088	0,24	0,0511	0,0256
S.L.C.	2,664	0,24	0,0652	0,0326

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0511

Coefficiente azione sismica verticale 0,0256

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	142,24
2	5,34	130,35
3	11,65	130,83
4	16,02	118,69
5	23,79	118,21
6	28,16	106,8
7	36,9	107,04
8	64,81	94,91
9	86,9	95,15
10	115,54	83,5
11	131,56	83,98
12	147,34	73,55
13	162,88	73,55
14	190,55	57,04
15	197,59	56,31
16	224,53	53,64
17	238,37	54,13

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-20,48	120,7
2	59,68	86,27
3	113,47	72,95
4	205,45	51,09
5	245,15	45,81

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	142,0
2	5,1	130,59
3	12,14	130,83
4	16,02	118,45
5	23,06	118,21
6	27,91	106,8
7	34,47	107,04
8	38,6	95,39
9	44,91	95,39
10	50,25	83,5
11	57,53	83,5
12	62,63	71,6
13	68,94	71,36
14	72,09	60,19
15	79,62	59,47
16	83,5	48,54
17	90,78	49,03
18	95,4	36,41
19	101,95	36,89
20	104,13	31,55
21	109,23	31,55
22	111,42	25,0
23	160,45	25,24
24	167,49	37,13

25	175,74	36,41
26	183,27	47,82
27	191,28	48,3
28	196,62	56,07
29	222,53	53,6
30	234,08	53,98
31	238,37	54,13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0 0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0 0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso saturo (t/m³)	Litologia	
1	0.07		29.26	1,80	2,10		
2	0.836		44.74	2.7	2.7		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,24
Ascissa centro superficie	206,31 m
Ordinata centro superficie	127,98 m
Raggio superficie	72,13 m

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

xc = 206,309 yc = 127,982 Rc = 72,129 Fs=1,241

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,0	39,5	3,89	6859,02	350,5	175,59	0,07	29,3	0,0	5160,0	4524,0
2	3,0	36,4	3,73	17520,2	895,28	448,52	0,07	29,3	0,0	15166,5	8954,3
3	3,0	33,5	3,61	9186,04	980,41	491,16	0,07	29,3	0,0	16678,5	9563,6
4	3,0	30,7	3,49	19684,75	1005,89	503,93	0,07	29,3	0,0	17130,3	9705,8
5	3,0	28,0	3,41	9120,18	977,04	489,48	0,07	29,3	0,0	16640,1	9432,3
6	3,0	25,3	3,32	17574,85	898,08	449,92	0,07	29,3	0,0	15290,1	8778,4
7	3,0	22,7	3,25	15114,88	772,37	386,94	0,07	29,3	0,0	13135,4	7767,7
8	3,0	20,1	3,21	1794,66	602,71	301,94	0,07	29,3	0,0	10211,0	6415,2
9	3,0	17,6	3,15	7657,96	391,32	196,04	0,07	29,3	0,0	6534,3	4727,9
10	3,0	15,1	3,11	2741,41	140,09	70,18	0,07	29,3	0,0	2108,6	2706,8

