Firmato digitalmente da

GIACOMO CANEPA

CN = CANEPA GIACOMO
O = Ordine Regionale Geologi Liguria
C = IT

Studio Associato di Geologia tecnica e ambientale - 16043 Chiavari (GE)

Committente: **Spett.le Ardesit S.n.c.**
via Alberogrosso, 80
16044 Cicagna (Genova)

Progetto:

Richiesta di nuova autorizzazione per l'ultimazione dei lavori di recupero ambientale del Complesso Estrattivo "Acqua di Sotto" nel Comune di Lorsica (Genova)

Oggetto elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA



Rif.: CD.83_2022
Preparato da: G. Canepa

Data: 07 marzo 2022
Revisione: 0

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA Tecnica e Ambientale
Via Nino Bixio 22D/4 - 16043 Chiavari (GE)
tel./fax 0185/313910 - e-mail: geotecam@libero.it
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - P.IVA n. 01046100994

SOMMARIO

PREMESSE pag. 2
1. RIFERIMENTI NORMATIVI pag. 2
2. INQUADRAMENTO GENERALE pag. 4
3. ASSETTO STRATIGRAFICO pag. 5
3.1. MATERIALE DI RISULTA pag. 6
3.2. SUBSTRATO ROCCIOSO pag. 6
4. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI pag. 7
5. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA pag. 9
6. ANALISI DI STABILITA' pag. 11
7. GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E CONCLUSIONI pag. 13
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI pag. 15

ELENCO ALLEGATI

Figura n.	**titolo**
1	Inquadramento cartografico
2A	Carta del Reticolo Idrografico (P.d.B. T. Lavagna)
2B	Carta della Suscettività al Dissesto (P.d.B. T. Lavagna)
2C	Carta del Vincolo Idrogeologico (P.d.B. T. Lavagna)
3	Estratto C.A.R.G. 214.2 "Cicagna"
4	Analisi di stabilità in condizioni statiche
5	Analisi di stabilità in condizioni dinamiche

Tabella n.	**titolo**
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski (1989)
2	Definizione dei Parametri sismici (Stabilità dei pendii)

PREMESSE

Su incarico della Ardesit S.n.c. sono state condotte le indagini geologiche a supporto della richiesta di nuova autorizzazione per l'ultimazione dei lavori di recupero ambientale del complesso estrattivo "Acqua di Sotto", nel Comune di Lorsica (Provincia di Genova).

In considerazione delle linee essenziali del progetto e delle condizioni geomorfologiche della zona, la metodologia d'indagine adottata ha previsto, nell'ordine:

- ricognizione preliminare per visionare l'area d'intervento e raccogliere tutta la documentazione occorrente;
- ricerca bibliografica e cartografica sulla geologia-geomorfologia della zona e di un suo congruo intorno;
- ricostruzione del modello geologico attraverso un rilevamento di superficie integrato dalla consultazione della cartografia tematica disponibile;
- ricostruzione dell'assetto stratigrafico, definizione della caratterizzazione sismica sito specifica e identificazione dei principali parametri fisico-meccanici dei materiali d'interesse progettuale al fine di consentire l'esecuzione di specifiche verifiche di stabilità conformi alle normative vigenti sia in condizioni statiche sia sotto l'effetto di una sollecitazione sismica.
- rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della relazione illustrativa.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le presenti indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti a livello nazionale e regionale ed in particolare:

A. attività di cava

- Legge Regionale 24 luglio 2001 n. 21:*"Disciplina delle varianti al Piano Territoriale Regionale delle attività di cava. Integrazioni e modifiche alle leggi regionali 10 aprile 1979 n. 12 (norme sulla disciplina della coltivazione di cave e torbiere), 22 gennaio 1999 n. 4 (norme in materia di foreste e assetto idrogeologico) e 21 giugno 1999 n. 18 (adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia)*";
- Legge regionale 05 aprile 2012 n. 12 e succ. mod. ed int.: "Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva";
- *"Linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse":* Testo coordinato degli allegati alle D.G.R./141/2008, 141/210, 431/2015.

- *Legge regionale n. 18 del 2 agosto 2017 "Modifiche alle L.R. 5 aprile 2012 n. 12 e 12 aprile 2011 n. 7*

B. norme tecniche

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 17 gennaio 2018: "*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*
- Circolare applicativa 21 gennaio 2019 n. 7:"*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018"*;

C. norme ambientali

- Decreto Legislativo 03 aprile 2006 n.152: "*Norme in materia ambientale"*
- Decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 2017 n. 120:"*Riordino e semplificazione della disciplina sulla gestione* delle *Terre e rocce di scavo. Attuazione art.8 Dl 133/2014 – Abrogazione Dm 161/2012 – Modifica articolo 184-bis, Dlgs 152/2006*".

D. norme di pianificazione del territorio

Relativamente al Piano di Bacino del T. Lavagna con DCR n.8 del 20.03.2016 è entrata in vigore il 27.04.2016 una variante sostanziale al Piano approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.29 del 09.04.2002 e s.m.i.

- Per l'area di stretto intervento la carta della franosità reale non indica criticità di alcun genere nell'ambito del sito estrattivo.
- Nella carta del reticolo idrografico l'area di interesse è ubicata in fregio ad un corso d'acqua di secondo ordine (Figura 2A).
- La Carta della Suscettività al dissesto (Figura 2B) inserisce in piccola parte la zona di recupero ambientale nelle "Classi speciali" di tipo B2 "discariche dismesse e riporti antropici", mentre la parte preponderante del rilevato ricade in zona Pg2 (Suscettività al dissesto media) e Pg1 (Suscettività al dissesto bassa).
- Nella Carta dei Vincoli l'intera zona ricade nelle Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico – Ambito con destinazione d'uso alla coltivazione in sotterraneo secondo le indicazioni del P.T.R.A.C. (Figura 2C).

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Il complesso estrattivo denominato “Acqua di sotto” è ubicato sul versante orografico destro del Torrente Malvaro ed è raggiungibile per mezzo della pista di servizio che si diparte a quota circa 145 m s.l.m. dalla Strada Provinciale n. 23 della Scoglina.

Il settore di territorio oggetto di studio è individuabile nella Carta Tecnica Regionale scala 1:5000 elemento n. 214163 *Orero*, il cui stralcio è riportato in allegato (Figura 1).

Preliminarmente alla ricostruzione dell’assetto stratigrafico si è provveduto ad avviare un rilevamento di superficie lungo la porzione di versante su cui è insediato il rilevato, al fine di fornire una ricostruzione esaustiva dell’assetto geologico-geomorfologico.

Il presente rapporto tecnico è finalizzato a verificare le condizioni di stabilità del rilevato, nello stato di fatto, sulla base della modellazione geologica del sito.

Con riferimento alla cartografia ufficiale (Figura 3) l'area in oggetto è interessata, dal punto di vista litologico, dal contatto fra la Formazione delle Ardesie di Monte Verzi e la Formazione degli Scisti Manganesiferi, entrambe appartenenti all’Unità del M. Gottero (Terranova, 1996; Regione Liguria, 2006).

La Formazione delle Ardesie di Monte Verzi (AMV), presente nella porzione di monte, è costituita da marne, marne calcaree e calcari marnosi in strati gradati da medi a molto spessi, con intercalazioni di argilliti ed arenarie fini in strati sottili e molto sottili.

La Formazione degli Scisti Manganesiferi (SMG), presente a valle, è costituita da argilliti scure manganesifere, siltiti ed areniti fini in strati gradati medi e spessi.

Significativi affioramenti del basamento lapideo sono visibili in corrispondenza della parete rocciosa che orla a monte la zona di insediamento del rilevato e in alcuni tratti della viabilità di accesso all'area.

In prossimità del complesso estrattivo l'assetto alla mesoscala appare monoclinale, con immersione degli strati verso NE e inclinazione compresa tra 20° e 30°: la struttura presenta complessivamente un assetto da indifferente a favorevole rispetto al pendio.

Dal punto di vista geomorfologico il rilevato poggia su un substrato costituito da litologie pelitiche prevalenti, con un profilo monte-valle fortemente condizionato dalle attività estrattive pregresse, con formazione di sbassi che hanno prodotto un parziale andamento a fossa.

Il profilo che ne consegue è ben visibile nella sezione 3-3, tracciata in direzione monte-valle e relativa allo stato di fatto, che è stata utilizzata nelle analisi di stabilità del rilevato, in quanto ritenuta maggiormente rappresentativa.

Lo schema dei deflussi superficiali del sito in esame fa riferimento essenzialmente a un’asta fluviale di secondo ordine, tributaria del Torrente Malvaro, che lambisce l’area di pertinenza del complesso estrattivo a W e svolge azione di raccolta delle acque di deflusso superficiale provenienti dai versanti all’intorno.

Per quanto attiene alle caratteristiche idrogeologiche dei materiali che costituiscono la successione stratigrafica si può definire che:

- I materiali inerti di riporto a granulometria grossolana sono da ritenersi corpi permeabili per porosità, ma con coefficienti elevati, che escludono la presenza di una falda permanente;
- il basamento roccioso, sostanzialmente impermeabile, se compatto, risulta invece limitatamente permeabile per fratturazione-fessurazione diffusa; è possibile, infatti, che si manifesti una moderata e occasionale circolazione idrica sotterranea lungo giunti pervasivi alla scala dell'ammasso o in corrispondenza dei livelli più superficiali dello stesso, decompressi e alterati dall'azione degli agenti modellatori.

3. ASSETTO STRATIGRAFICO

Il settore in esame si compone di un orizzonte sciolto di risulta, ascrivibile a un mezzo eterometrico costituito da scaglie e frammenti lapidei in matrice sabbioso-limosa, sovrastante il substrato roccioso di natura ardesiaca.

L'assetto stratigrafico della discarica è stato ricostruito sulla base della consultazione della documentazione cartografica esistente, unitamente a specifiche osservazioni inerenti le caratteristiche morfologiche del versante.

L'assetto ricostruito si compone di un abbancamento artificiale di inerti di potenza massima pari a 11-12 m circa, in corrispondenza della porzione sommitale del rilevato, che va progressivamente a diminuire fino a quasi a 0 in corrispondenza del piano di appoggio su un pianoro di origine naturale.

Il corpo in rilevato si sovrappone al sottostante substrato roccioso di natura ardesiaca, superficialmente fratturato, passante a migliori condizioni di conservazione con l'aumentare della profondità.

Nel sito esaminato, significativamente modificato dall'intervento antropico, si è posto, per analogia con le condizioni al contorno, un passaggio diretto dai materiali di risulta al substrato roccioso, assumendo un modello a due strati.

Tutti gli elementi emersi nel corso delle indagini hanno permesso di ricostruire una sezione stratigrafica rielaborando la sezione relativa allo stato di fatto fornita dal Progettista e preparata al fine di consentire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici esistenti tra gli orizzonti descritti (Sezione 3-3).

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici espressi in termini di valori medi, desunti dalla consistente bibliografia in materia, dall'esperienza personale e dall'elaborazione dei dati raccolti sul terreno.

3.1 MATERIALI DI RISULTA

Si tratta del materiale inerte a granulometria grossolana prevalente, presente con uniformità nell'area sottoposta ad interventi di ricomposizione ambientale, di potenza massima di circa 11.50 m nella porzione sommitale.

Dal punto di vista geotecnico tale materiale è ascrivibile a ghiaie e ciottoli con sabbia subordinata e frazione fine poco rappresentativa; utilizzando le indicazioni bibliografiche sugli stessi materiali (Panei et al., 2000) la classificazione secondo il sistema U.S.C.S. li pone nelle classi GC e GM, in subordine nella classe GW.

La frazione fine è generalmente contenuta entro 20% ed è considerata poco influente sul comportamento geotecnico; si evidenzia inoltre che la presenza fra i detriti di scarti ardesiaci comporta un contenuto in carbonati oscillante tra il 20% ed il 30% (Pandolfi & Pandolfi, 1991) e pertanto si sviluppa un grado di cementazione secondaria tra i frammenti lapidei.

Per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio si evidenzia che il rilevato in oggetto è originato da scaglie di lapidei versate alla rinfusa utilizzando mezzi meccanici; l'assortimento granulometrico è formato in prevalenza da frammenti di grandi dimensioni. La forma di questi elementi è in netta prevalenza a spigoli vivi. Le frazioni fini limoso-sabbiose sono quasi sempre assenti o comunque in quantità tali da non influenzare il comportamento meccanico dell'ammasso.

Nel caso del rilevato in oggetto la dimensione costitutiva del materiale obbliga a considerare ai fini della resistenza al taglio anche il contributo legato al mutuo incastro fra gli elementi, permanendo logicamente anche l'effetto dell'attrito lungo le superficie di contatto: tale effetto determina l'introduzione di un contributo coesivo minimo (coesione intercetta).

Tenuto conto che l'angolo di attrito di materiali sabbioso-ghiaiosi può variare tra 33° e 45° in funzione della densità relativa, della granulometria e della forma dei granuli (Sherard et al., 1963), il campo di variazione dell'angolo di attrito per ammassi grossolani, sempre gettati alla rinfusa, come quello in oggetto può essere considerato ragionevolmente compreso tra 35° e 40° mentre la coesione intercetta può essere posta cautelativamente pari a 5-10 kPa. Il peso di volume unitario è valutato di 20-22 kN/m^3, mentre la densità secca è stimata in 19-20 kN/m^3.

3.2 SUBSTRATO ROCCIOSO

Le informazioni di carattere geomeccanico-strutturale sono derivate dal rilevamento di superficie sugli affioramenti presenti nella zona di intervento e lungo la strada di accesso.

La caratterizzazione fisico-meccanica del substrato roccioso è stata ottenuta adottando la metodologia proposta da Marinos e Hoek (2000) che prevede l'utilizzo del Geological Strenght Index (G.S.I.). Il concetto sviluppato dai due Autori è quello di combinare l'assetto strutturale dell'ammasso

con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, in modo da arrivare a un valore indice che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso.

Le osservazioni in affioramento hanno permesso di accertare come il substrato lapideo presenti una struttura da molto fratturata (ammasso parzialmente disturbato, con quatto o più famiglie di giunto a formare blocchi angolari a più facce) a piegata (ammasso disturbato tettonicamente, a pieghe, con diverse famiglie di giunti) e condizioni dei giunti da scadenti (giunti levigati, superfici alterate con riempimento compatto o frammenti angolari) a mediocri (giunti da lisci a leggermente rugosi e superficie moderatamente alterata).

Sulla base di tali evidenze è stato ottenuto un campo valore del G.S.I. compreso tra 25 e 35, che appare coerente con quanto riportato dagli Autori per siltiti, argilliti, argilloscisti e marne stratificati, laminati, fratturati (TABELLA 1).

La resistenza alla compressione monoassiale della matrice rocciosa è stata ottenuta indirettamente attraverso alcuni test con lo sclerometro tipo 'L' sui medesimi affioramenti oggetto del rilevamento geomeccanico-strutturale: l'elaborazione dei dati ha consentito di derivare un range compreso tra 25 MPa e 35 MPa. Il peso di volume naturale si può stimare in 25.5-26.5 kN/m^3.

4. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

Il valore caratteristico di un parametro si ottiene tramite una caratterizzazione dell'intera distribuzione statistica dei dati d'interesse, mediante una stima puntuale a carattere cautelativo (modello semi-probabilistico).

Definire il valore caratteristico significa, pertanto, scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite e adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

In particolare, è stato scelto di adottare un metodo in cui la derivazione del valore caratteristico è definita sulla probabilità calcolata del 5% che ci sia un valore inferiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite.

Nel caso in esame la definizione dei parametri caratteristici è stata ottenuta ricorrendo alla seguente formulazione, valida nel caso di stime statistiche in presenza di dati d'ingresso numericamente ridotti:

$$Nk = Nm \pm 1{,}645*COV/\sqrt{n})$$

dove:

- Nm = valore medio del parametro;
- COV= coefficiente di variazione corrispondente al rapporto tra la deviazione standard della popolazione e la media della popolazione;
- n= numerosità del campione

La definizione dei parametri caratteristici dei materiali di riporto è stata definita utilizzando i valori indicati in precedenza e riportati nella tabella seguente per pronto riferimento:

Materiali di riporto	Peso di Vol. nat. (kN/m^3)	Ang. di attrito eff. (°)	Coesione dren. (kPa)
Valori medi	20-22	35-40	5-10
Valori caratteristici	22	34,98	5

Per la stima statistica delle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso è stato utilizzato il programma di calcolo RocLab, adottando il modello *continuo-equivalente*, secondo il quale le diverse famiglie di discontinuità appaiono mutualmente vincolate e il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso è, pertanto, condizionato dall'insieme discontinuità-matrice e può essere assunto isotropo, anche in ragione della ridotta spaziatura tra le fratture e al numero delle stesse in rapporto alle dimensioni delle opere in oggetto.

I parametri di resistenza al taglio sono stati desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002), adottando un fattore di disturbo (D)= 0; una costante m_i =7±4 (*slates*), un modulus ratio (MR) = 500±100 (Hoek & Diederichs, 2005).

Il diverso stato di fratturazione del substrato è stato simulato variando i valori del G.S.I. (25-35) e della resistenza alla compressione monoassiale (25 MPa, 30 MPa e 35 MPa), indicati in precedenza. I parametri di resistenza sono stati ricavati entro il range di tensione litostatica corrispondente alla configurazione della discarica, prendendo come riferimento la sezione stratigrafica allegata.

La sintesi di quanto ottenuto è riportata nella tabella sottostante:

G.S.I.	Res. Compr. Monoass. (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo elastico (MPa)
25	25	103	42.61	748.20
25	30	112	43.88	897.84
25	35	121	44.93	1047.47
30	25	122	44.59	1017.29
30	30	134	45.84	1220.75
30	35	146	46.88	1424.20
35	25	145	46.27	1417.59
35	30	161	47.49	1701.11
35	35	177	48.50	1984.62

Valori medi	135.67	45.67	1273.23
Valori caratteristici	105.91	43.16	993.97
COV (%)	40	10	40

5. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Secondo quanto contenuto nell'aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni, a livello progettuale è necessario controllare il grado di danneggiamento dell'opera a fronte dei terremoti che si possono verificare nel sito in oggetto e valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, attraverso la definizione dell'entità e delle caratteristiche dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette Norme Tecniche, gli spettri sismici dipendono non più dalla zona sismica come nelle precedenti normative ma dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno, sono di seguito riportate le coordinate Gauss-Boaga dell'area d'intervento (Microsoft Virtual Earth, 2009):

- latitudine: 44.422293 N (ED50);
- longitudine: 9.272052 E (ED50).

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonchè dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

Con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento, alla geometria della discarica e alla natura del substrato roccioso di natura ardesiaca si ritiene verosimile adottare una categoria di suolo di fondazione di tipo B che comprende *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s".*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia della discarica è stata associata alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle Nuove Norme Tecniche.

I parametri di pericolosità sismica necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni dinamiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo (Geostru-PS, 2009) e riassunti nella TABELLA 2 (stabilità dei pendii) imponendo, salvo ulteriori specificazioni fornite dal Progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni e una classe I.

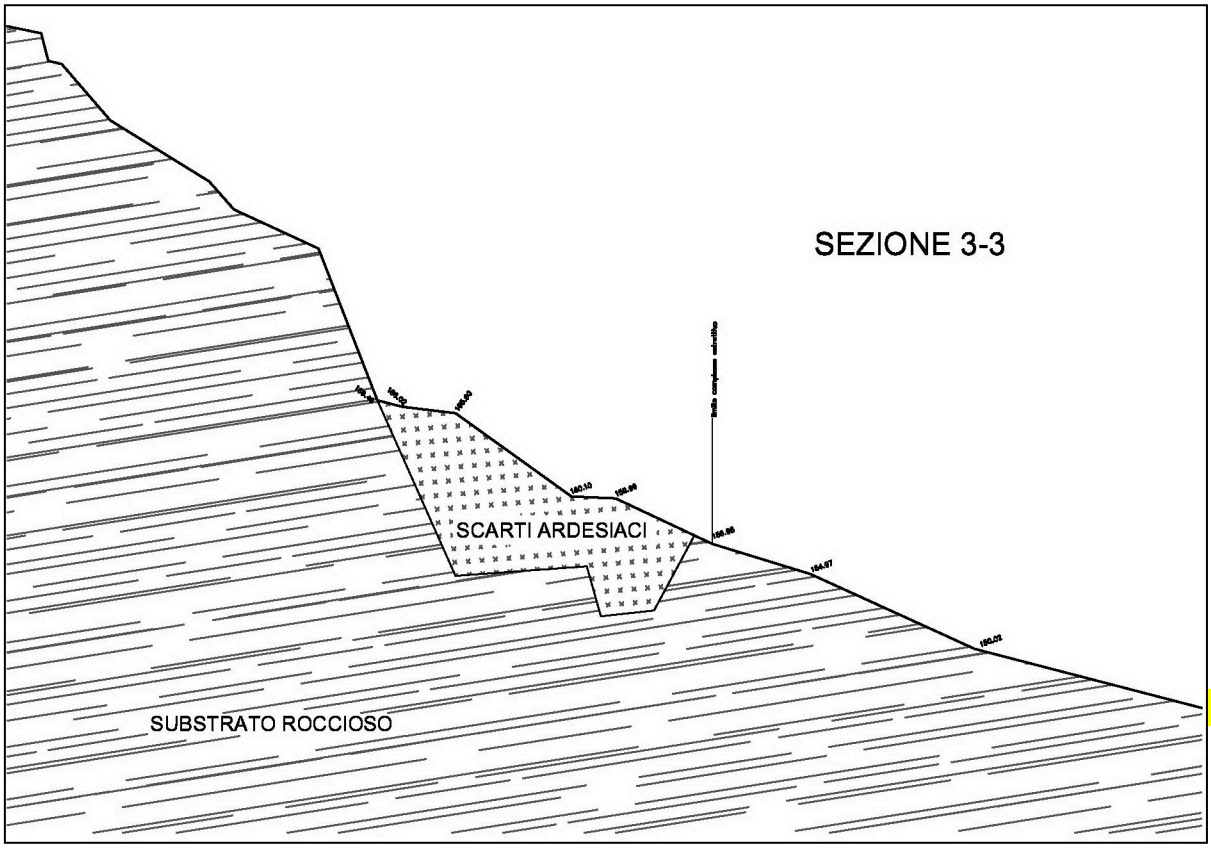


FRONTE ROCCIOSO E PIAZZALE DEL RILEVATO IN MATERIALI INERTI

6. ANALISI DI STABILITA'

Con riferimento al profilo relativo allo stato attuale implementato con notazioni di carattere geologico, si è provveduto a condurre alcune verifiche di stabilità della zona in rilevato, estesa a monte e a valle, procedendo a specifiche analisi numeriche lungo la traccia di sezione 3-3 mediante software all'equilibrio limite (SLIDE V. 5.044, 2010)

Le analisi sono state condotte scegliendo una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti all'interno del corpo in rilevato, schematizzando l'assetto del sottosuolo come riportato nella sezione stratigrafica sottostante.



METODO DI CALCOLO: equilibrio limite;
METODI DI VERIFICA: Jambu rigoroso e Morgenstern-Price;
SOLLECITAZIONI SISMICHE: Kh = 0.025; Kv = 0.012;
Le elaborazioni analitiche sono state effettuate assimilando il rilevato a un pendio naturale e introducendo nel software di calcolo i valori caratteristici dei materiali indicati nei capitoli precedenti

e introducendo anche un minimo contributo coesivo alla resistenza meccanica dei materiali inerti a granulometria grossolana.

Tale assunzione è giustificata dal fatto che, in linea generale, nei corpi in rilevato a granulometria grossolana nettamente prevalente la dimensione costitutiva dei materiali abbancati permette di considerare, ai fini della resistenza al taglio, sia l'effetto dell'attrito lungo le superficie di contatto tra i diversi elementi sia il contributo legato al mutuo incastro degli stessi (**coesione intercetta**). Quest'ultimo parametro è stato introdotto in questa sede considerando che il profilo sottoposto ad analisi non è oggetto di attività da molto tempo e ha raggiunto uno stato di assestamento, con rivegetazione e rinaturalizzazione già in atto.



CORPO IN RILEVATO CON MATERIALI GROSSOLANI PREVALENTI

In funzione della tensione litostatica di riferimento è possibile associare al materiale di discarica un valore di coesione intercetta tra 5 kPa e 10 kPa, crescente con l'aumentare della profondità; al fine di operare a favore di sicurezza si è scelto di associare, quale valore caratteristico del parametro il valore minimo del range proposto, pari a 5 kPa (ck = c_{min}) e di estenderlo con uniformità all'intero corpo del rilevato.

Pertanto, i parametri fisico-meccanici dei materiali utilizzati nelle presenti verifiche sono riportati per pronto riferimento nella tabella sottostante:

Materiali	**Angolo di attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di volume (kN/m^3)**
Scarti ardesiaci	34.98	5	22.00
Substrato roccioso	43.16	105.91	26.98

Le verifiche effettuate nella configurazione attuale (statica e sismica) hanno consentito di rilevare condizioni di stabilità globali soddisfacenti, con il raggiungimento di coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, ampiamente superiori alla condizione di equilibrio limite (Fs statico = 1.78-1.76; Fs dinamico = 1.68-1.66) e con un sufficiente margine di sicurezza rispetto ai minimi di legge (Fs > 1.1).

Tali risultati appaiono del tutto coerenti con quanto riscontrato sul terreno in merito al grado di rinaturalizzazione e rivegetazione dell'area oggetto di verifica e all'assenza di elementi idrogeomorfologici rappresentativi di condizioni d'instabilità incipienti quali aree in erosione o denudate o presenza di fratture di trazione.

7. GIUDIZIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E CONCLUSIONI

Il presente documento contiene la modellazione geologica del sito in ottemperanza alle normative vigenti in materia. In particolare, la ricostruzione dei caratteri litologici, geomorfologici e idrogeologici della porzione di territorio in cui è inserito il sito estrattivo "Acqua di Sotto" è stata ottenuta attraverso un rilevamento di superficie che ha permesso di accertare l'assenza d'indizi o di elementi geomorfologici in grado di determinare interferenze negative con le opere a progetto.

La definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di origine antropica (materiale di risulta e scarti ardesiaci) è stata ottenuta attraverso l'analisi visiva e mediante il confronto con affidabili fonti bibliografiche e risultati d'indagini in sito condotte dallo scrivente su terreni analoghi, mentre la ricostruzione del modello di riferimento per l'ammasso roccioso è stata ricavata attraverso un rilievo geomeccanico-strutturale in corrispondenza degli affioramenti disponibili.

In considerazione dell'entità dell'intervento a progetto la metodologia adottata ha consentito di descrivere esaustivamente i tematismi geologico-applicativi e ha permesso di ricostruire il modello geologico sito specifico, fornendo una base di calcolo attendibile per l'esecuzione delle verifiche di stabilità del corpo in rilevato in condizioni statiche e dinamiche.

Dal punto di vista normativo, fatto salvo il superamento dei vincoli imposti dai specifici Piani di settore, per l'area in oggetto si precisa quanto segue:

- il complesso estrattivo oggetto di sistemazione non ricade nelle aree ad alta suscettività al dissesto così come riportate nel P.d.B.S. del T. Lavagna;
- in rapporto alle caratteristiche tipologiche delle opere nello stato attuale si esclude la possibilità di fenomeni di inquinamento degli acquiferi e/o interferenze con il regime idrogeologico ipogeo;
- un corretto sistema di disciplinamento dei contributi idrici superficiali da realizzarsi in corrispondenza del sito estrattivo consentirà un miglioramento dello stato di fatto e una corretta regimazione delle acque superficiali nel sistema di smaltimento naturale esistente

Pertanto, sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini descritte nel presente documento si esprime un giudizio positivo in merito alla fattibilità tecnico-normativa della richiesta di nuova autorizzazione per l'ultimazione dei lavori di recupero ambientale del complesso estrattivo "Acqua di Sotto" in rapporto alla ricostruzione del modello geologico sito-specifico e alla classificazione riportata negli strumenti normativi alla scala comunale di bacino.

Chiavari, 07 marzo 2022

Dott. Geol. Giacomo Canepa



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BONI A., BRAGA G., CASELLA F., CASNEDI R., COMIZZOLI S., CORTEMIGLIA G.C., DAVICO E., GELATI R., MARCHETTI G., PASSERI L., TERRANOVA R. (1968) - Carta Geologica d'Italia, Foglio 83 Rapallo in scala 1:100000. Servizio Geologico d'Italia.

CASELLA F., TERRANOVA R. (1963) - Studio stratigrafico e tettonico dei terreni cretacei nella Val Lavagna e nelle zone limitrofe (Appennino ligure orientale). Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 1.

CASNEDI R. (1982) - Sedimentazione e tettonica delle Unità Liguridi nell'Appennino nord-occidentale (Valli Lavagna- Sturla-Trebbia). Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30.

GEOSTRU (2009) – Geostru PS Parametri Sismici "Software di calcolo per la definizione della pericolosità sismica"

HOEK E., CARRANZA-TORRES C., CORKUM B. (2002) – "Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition", Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002

HOEK E., DIEDERICHS M.S. (2005) – Empirical estimation of rock mass modulus. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 43 (2006) 203-215

MARINI M. (1993) - Litologia, stratimetria e sedimentologia delle Ardesie del Monte Verzi (Unità del Monte Gottero Auct., Appennino Ligure). Boll. Soc. Geol. It., 112.

MARINOS P., HOEK E. (2000) – GSI: a geologically friendly tool for rock mass strenght estimation. GeoEng 2000, Melbourne

MARRONI M. (1991) – Deformation history of the Mt. Gottero Unit (Internal Ligurid Units, Northern Appennines). Boll. Soc. Geol. It., 110.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (2008) – Decreto Ministeriale 17.01.2018, "Aggiornamento Norme Tecniche per le costruzioni".

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (2009) – Circolare 21.01.2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018"

PANDOLFI D., PANDOLFI O. (1991) - La cava. Ed. Sagno

PANEI G., FORLANI E., TARDI A. (2000) – Sulla stabilità delle discariche di materiali lapidei. Quarry & Construction, dicembre 2000

PERTUSATI P. C., HORREMBERGER J.C. (1975) - Studio strutturale degli Scisti della Val Lavagna (Unità di M. Gottero, Appennino Ligure) - Bollettino della Società Geologica Italiana, 94 (5), 1375-1436.

PROVINCIA DI GENOVA (2002) – Piano di Bacino Stralcio per il Rischio Idrogeologico – Torrente Lavagna. Redatto ai sensi del comma 1 dell'art. 1 del d.l. 180/98 ("Decreto Sarno"). Area 06 Difesa del Suolo, Opere Ambientali e Piani di Bacino

REGIONE LIGURIA (2006) – Carta geologica regionale (CARG) – 1:25000 Tavola 214.2 – "Cicagna". www.regioneliguria.it

ROCLAB V.1.031 (2007) - Rock mass strength analysis. Software freeware distribuito da rocscience inc., Toronto (Can)

SERVIZIO GEOLOGICO ITALIANO (1968) – Carta geologica d'Italia, scala 1:100000, F°82 Rapallo 2° ed.

SHERARD J., WOODWARD R., GIZIENSKI S., CLEVENGER W. (1963) – Earth and earth-rock dams. John Wiley and Sons

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA (2006) – Indagini geologiche e idrogeologiche a supporto dell'istanza di rilascio di autorizzazione di cui all'art.24 bis della L.R. 12/1979 e sue modifiche per il riempimento dei vuoti di cantieri abbandonati di cava di Ardesia nel complesso estrattivo "Nuova Scaggia" nel Comune di Moconesi. Preparata per BDL di Ivo Dondero & C. s.n.c.

TERRANOVA R. (1996) – Le cave di ardesia in Liguria: geologia, coltivazioni, lavorazioni e utilizzazioni. Mem. Soc. Geol. It., 51.

VAN ZUTPHEN A.C.A., VAN WAMEL W.A., BONS A.J. (1985) - The structure of the Lavagna Nappe in the region of M. Ramaceto and Val Graveglia (Ligurian Apennines, Italy) - Geologie en Mijubouw, 64, 373-384

ELENCO ALLEGATI

Figura n.	titolo
1	Inquadramento cartografico
2A	Carta del Reticolo Idrografico (P.d.B. T. Lavagna)
2B	Carta della Suscettività al Dissesto (P.d.B. T. Lavagna)
2C	Carta del Vincolo Idrogeologico (P.d.B. T. Lavagna)
3	Estratto C.A.R.G. 214.2 “Cicagna”
4	Analisi di stabilità in condizioni statiche
5	Analisi di stabilità in condizioni dinamiche

Tabella n.	titolo
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski (1989)
2	Definizione dei Parametri sismici (Stabilità dei pendii)

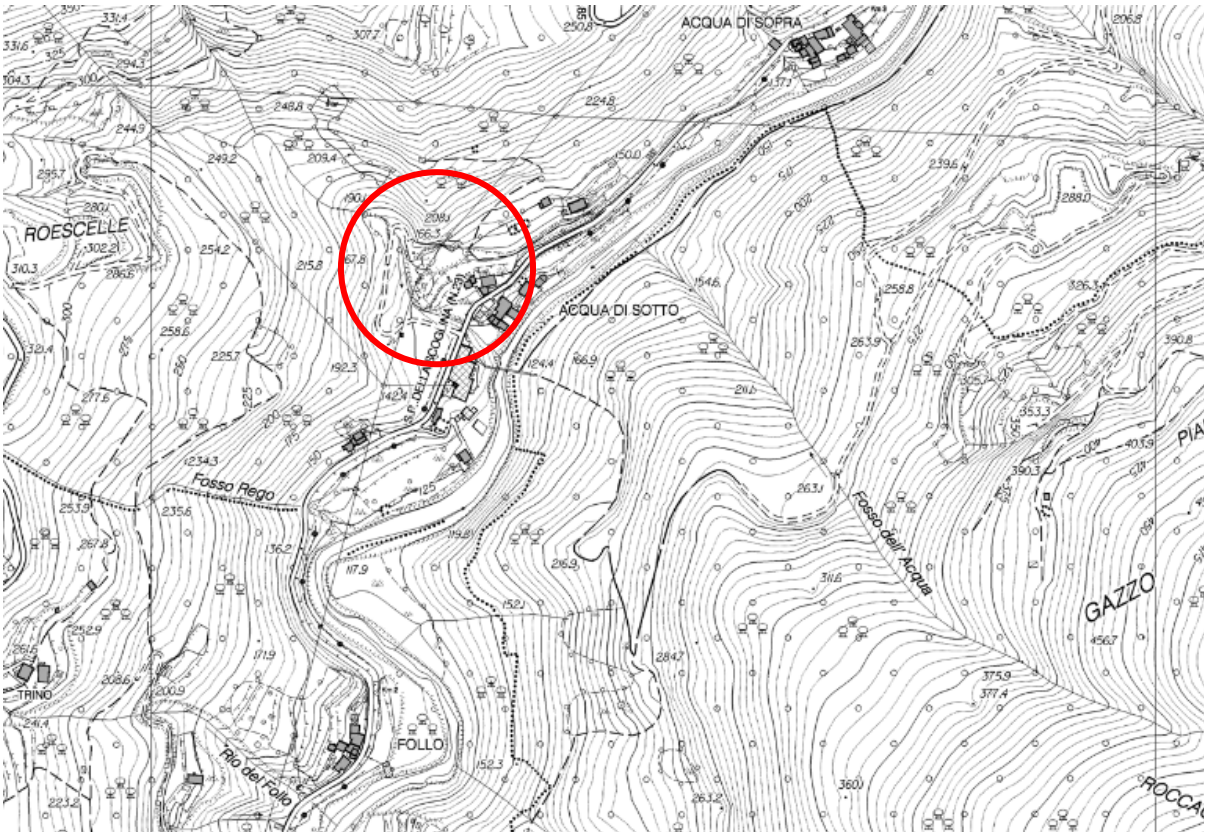
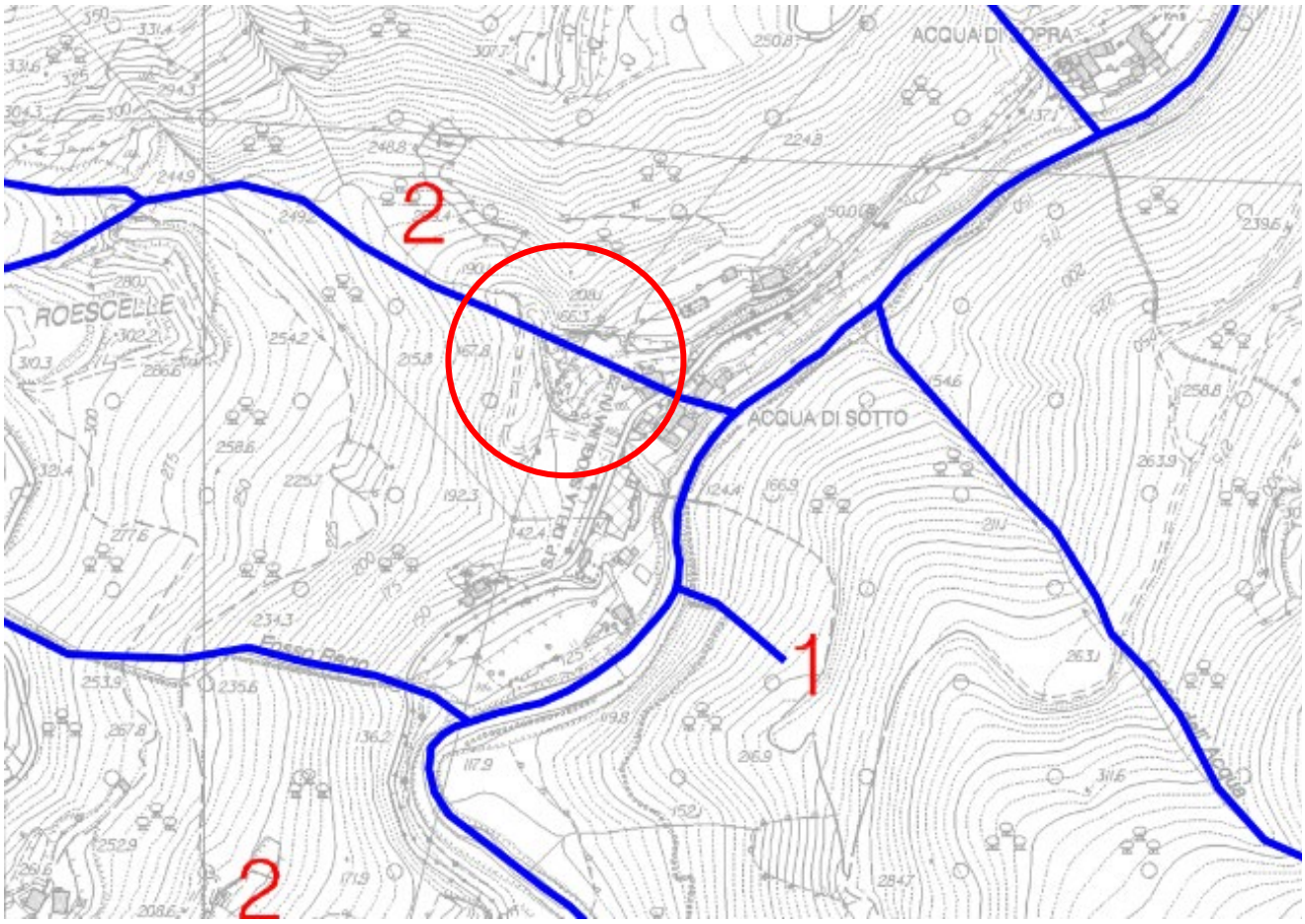




FIGURA 1

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO



LEGENDA

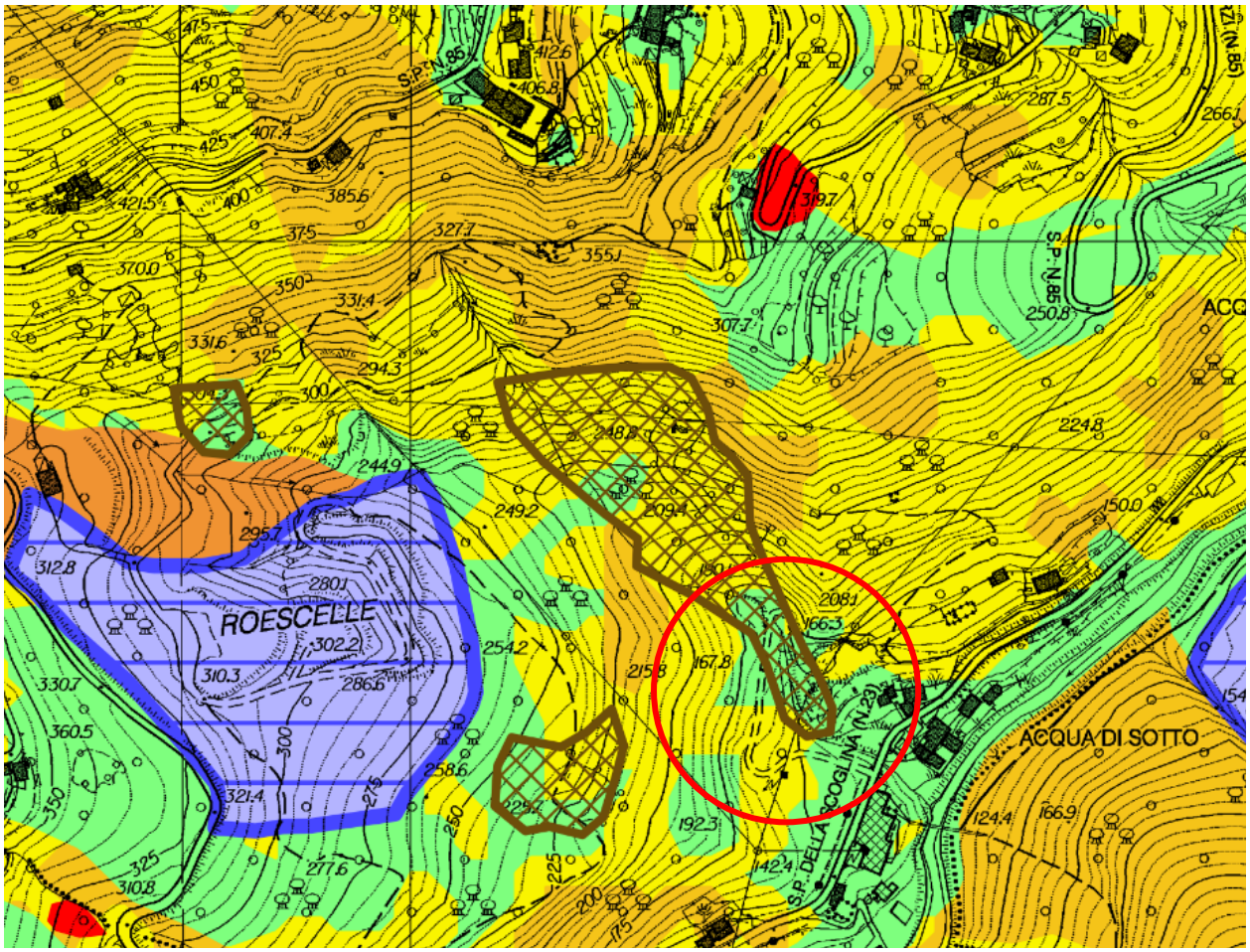
CORSO D'ACQUA

2 NUMERO D'ORDINE
GERARCHIZZAZIONE DI HORTON–STRAHLER

LIMITE DEL BACINO IDROGRAFICO

FIGURA 2A

CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

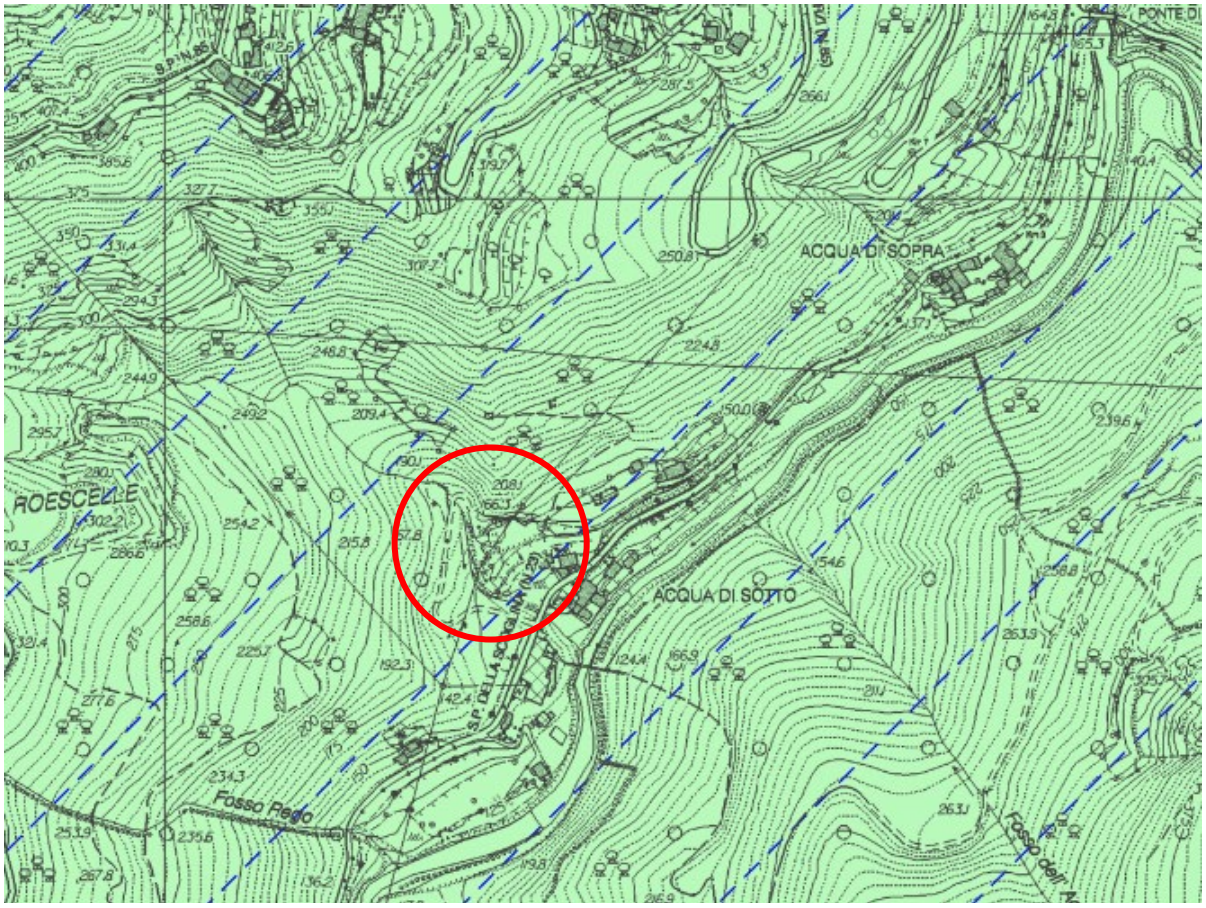


LEGENDA

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

FIGURA 2B

CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO



LEGENDA

aree sottoposte a vincolo idrogeologico

aree non sottoposte a vincolo idrogeologico

aree classificate "abitati da consolidare" (L. 64/1974)

siti di interesse comunitario pSIC (D.G.R. 646/2001)

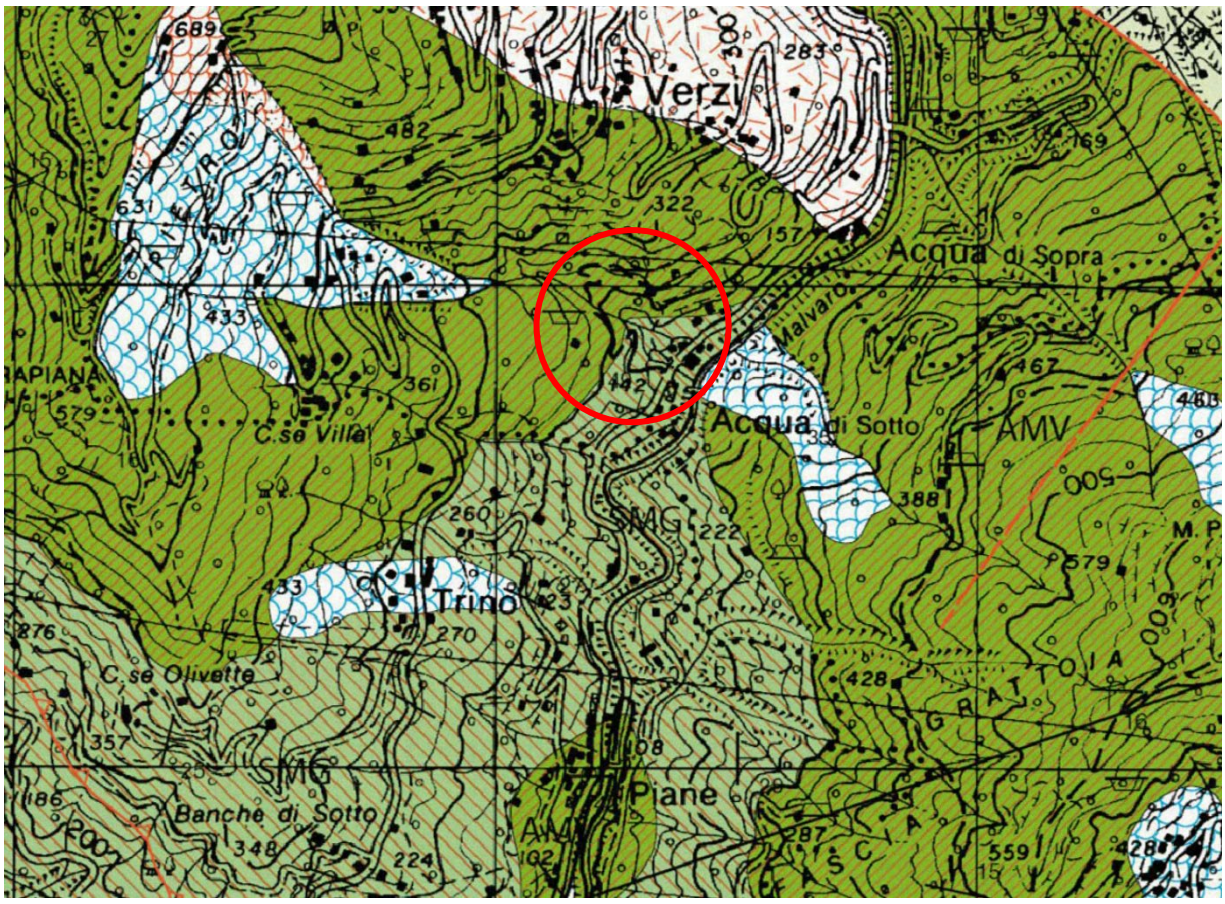
parchi naturali regionali

Ambito con destinazione d'uso alla coltivazione di cave in sotterraneo secondo le indicazioni del Piano Regionale delle Attivita' di Cava

limite di bacino

FIGURA 2C

CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOICO



SCISTI ZONATI

SZO
SZOa

Siltiti, areniti fini a composizione silicoclastica, argiliti e marne in strati gradati sottili e medi. Presso il Passo della Forcella sono presenti intercalazioni di brecce monogeniche (*Olistostroma di Passo della Forcella Auctt.*) a matrice argillitica prevalente con clasti da angolari a subangolari di calcilutiti riferibili alla formazione delle stesse Argille a Palombini (SZO_a).
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo con depositi da colata di detrito.
?CAMPANIANO SUP.- MAASTRICHTIANO INF.

ARDESIE DI MONTE VERZI

AMV

Marne, marne calcaree e calcari marnosi in strati gradati da medi a molto spessi, generalmente con base arenitica fine a composizione ibrida, con intercalazioni di peliti non carbonatiche in strati molto sottili. In modo subordinato presenti areniti a composizione arkosica alternate a peliti in strati gradati di spessore da medio a sottile.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo.
CAMPANIANO

SCISTI MANGANESIFERI

SMG

Argilliti scure manganesifere, siltiti ed areniti fini in strati gradati medi e spessi. Verso l'alto intercalazioni di areniti medie e grossolane a composizione subarcosica e peliti in strati gradati medi.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo.
CAMPANIANO INF.

ARGILLE A PALOMBINI

APA

Alternanze regolari di calcilutiti talvolta con base arenitica in strati medi e di peliti scure in strati medi e spessi. Presenti verso la parte sommitale della formazione marne e marne calcaree in strati medi e spessi ed areniti fini in strati sottili.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente bacinale.
BERRIASIANO-SANTONIANO p.p.

FIGURA 3

CARTA GEOLOGICA (C.A.R.G.)

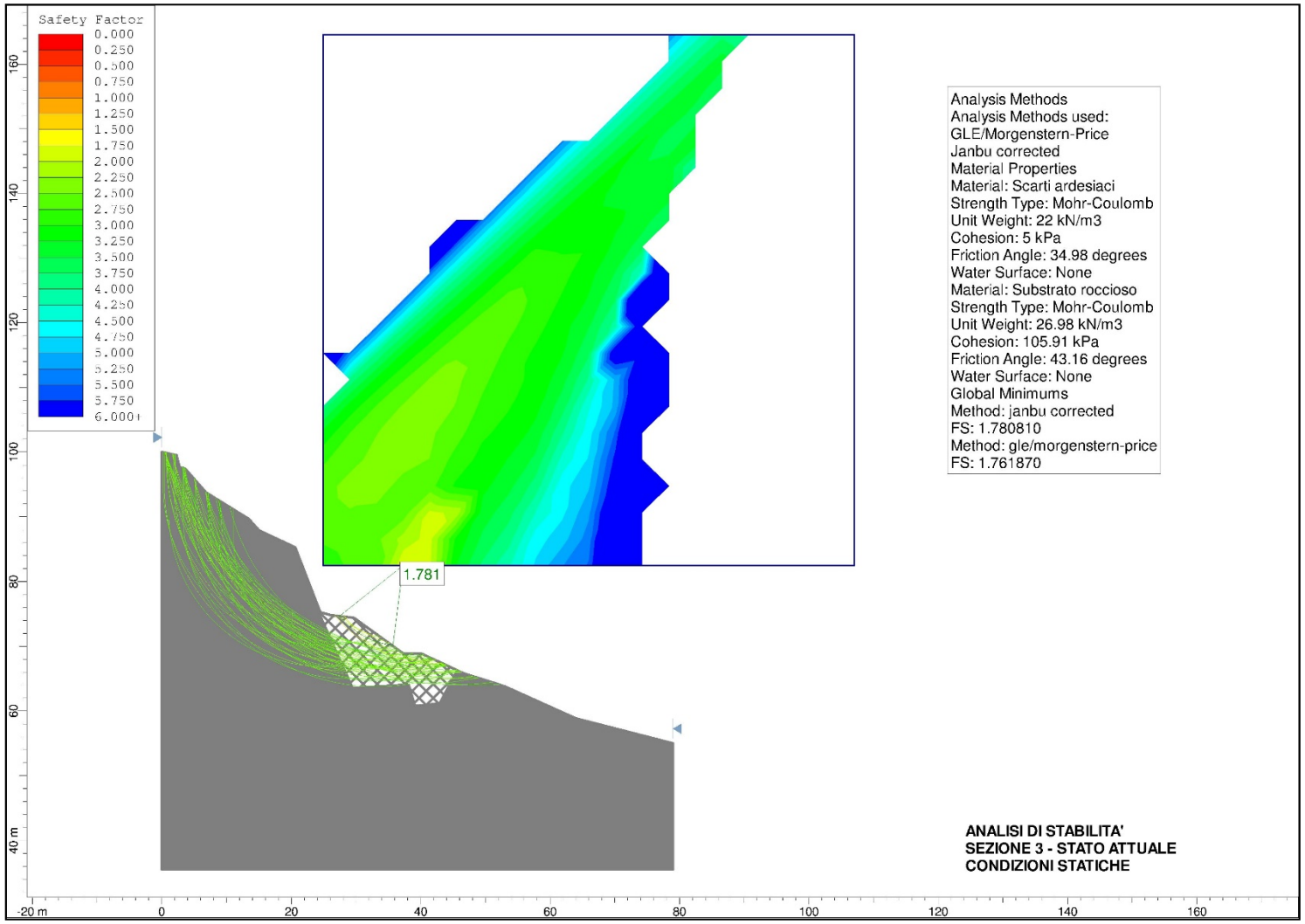


FIGURA 4: Verifica sezione 3-3 - condizioni statiche

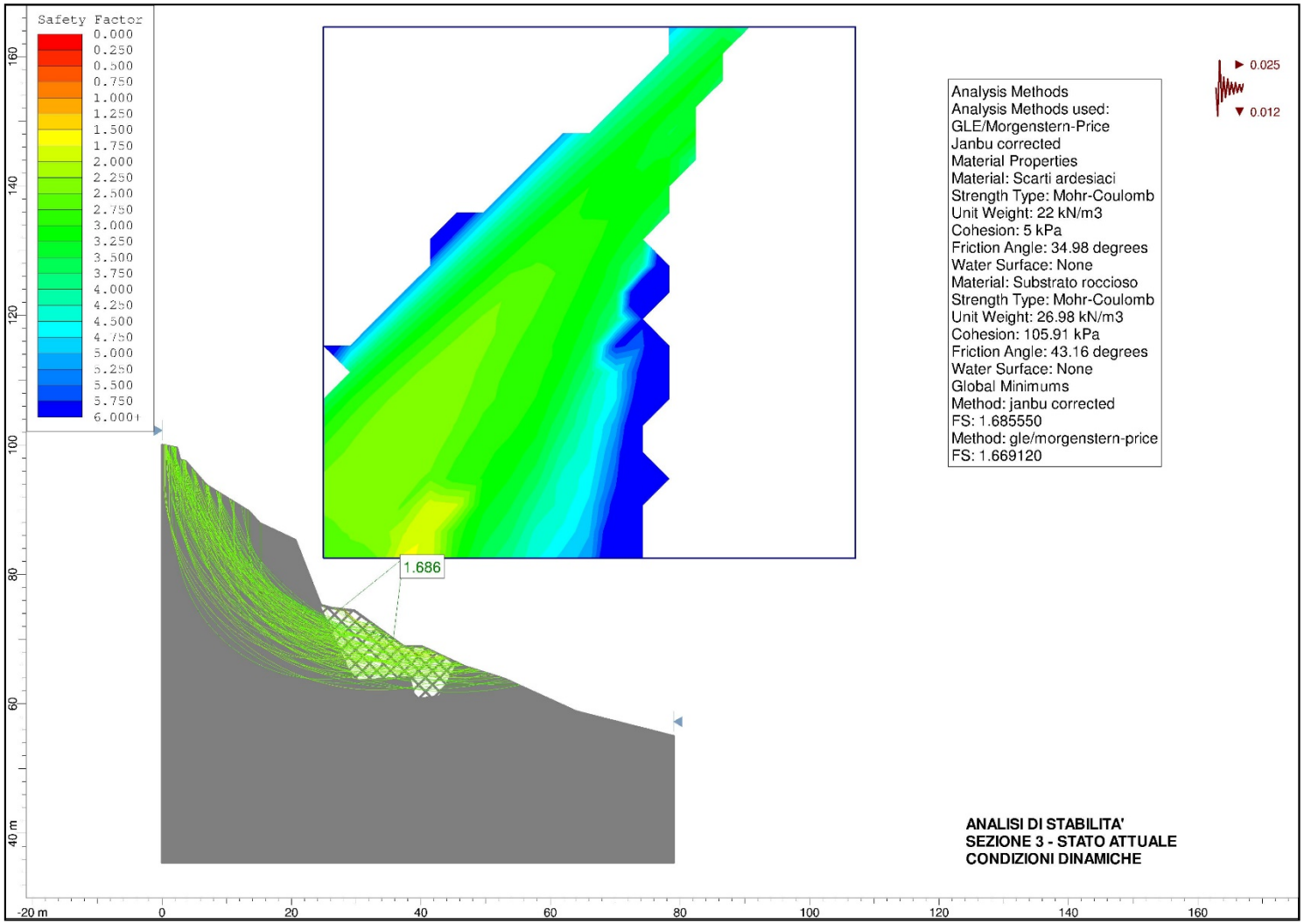
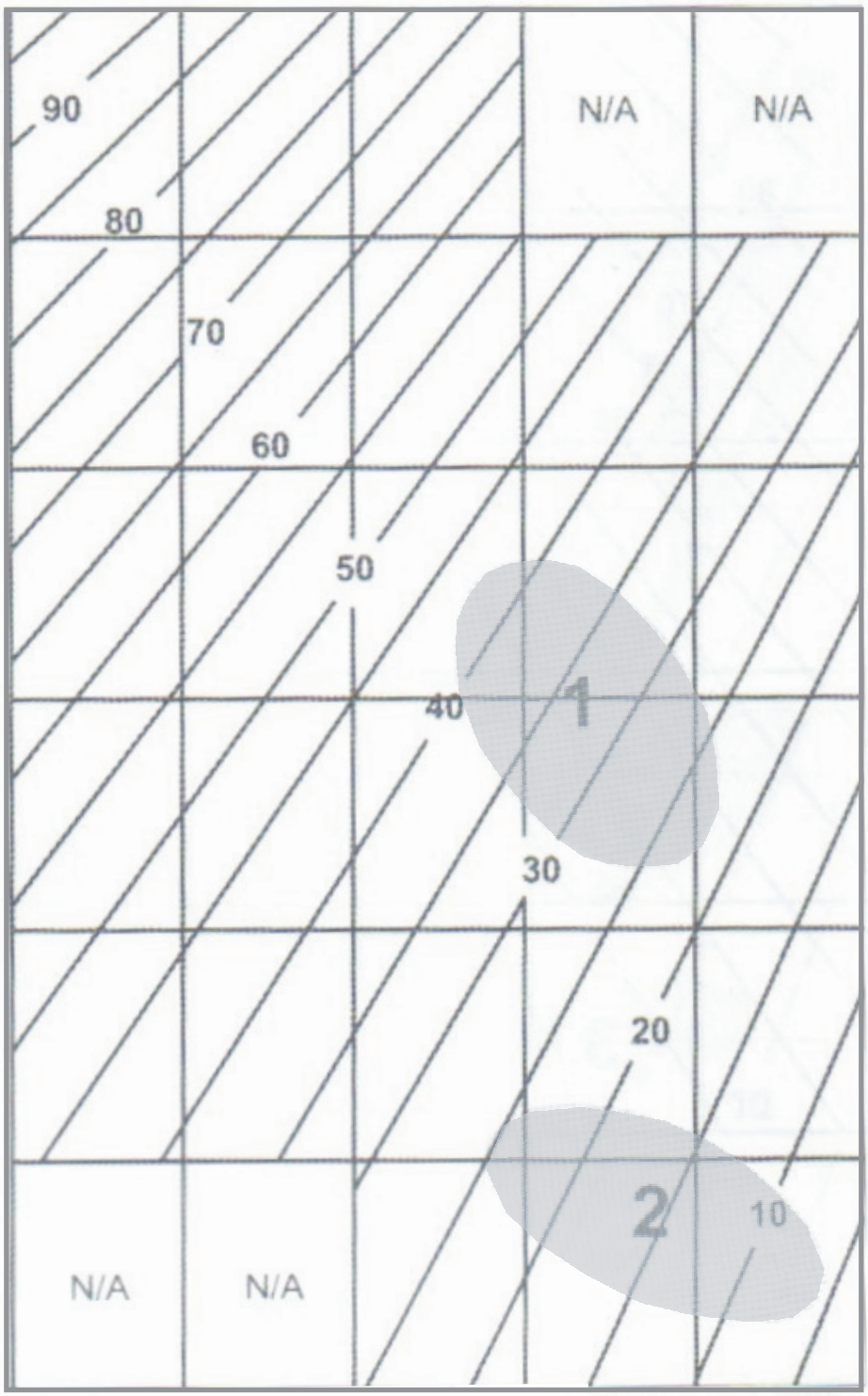


FIGURA 5: Verifica sezione 3-3 - condizioni dinamiche



SILTITI, ARGILLITI, ARGILLOSCISTI, MARNE:
I campi più probabili indicati con il numero sono:
1 Stratificati, laminati, fratturati
2 Brecciati o frizionati

TABELLA 1
VALORI TIPICI DI GSI PER ARGILLITI E MARNE

PARAMETRI SISMICI (da Geostru PS-Parametri sismici)

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame

latitudine: 44,422293 N
longitudine: 9,272052 E
Classe: 1
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16922 Lat: 44,4081 Lon: 9,2215 Distanza: 4028,542
Sito 2 ID: 16923 Lat: 44,4106 Lon: 9,2914 Distanza: 1533,979
Sito 3 ID: 16701 Lat: 44,4605 Lon: 9,2879 Distanza: 5659,039
Sito 4 ID: 16700 Lat: 44,4581 Lon: 9,2180 Distanza: 6775,414

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 35 anni
Coefficiente cu: 0.7

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81%	63%	10%	5%
Tr:	30 [anni]	35 [anni]	332 [anni]	682 [anni]
ag:	0,032 g	0,035 g	0,085 g	0,112 g
Fo	2,499	2,510	2,516	2,497
Tc*:	0,204 [s]	0,210 [s]	0,279 [s]	0,287 [s]

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,510	1,500	1,420	1,410
St	1,200	1,200	1,200	1,200
Kh	0,009	0,010	0,025	0,039
Kv	0,005	0,005	0,012	0,019
Amax	0,459	0,489	1,203	1,575
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

TABELLA 2- DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI (STABILITA' DEI PENDII)