



Dr. Geol. Francesco SERRA – GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –

Via Dante Alighieri 6 – Rivolta d'Adda (Cr)

Tel: 0363.79065 ; Fax.: 0363.707620; E-mail : geoserra@serrafra.191.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

**Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di
strada comunale**

CUP: J96B19000800006

COMUNE DI MONTEISOLA (BS)




PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO
Relazione geologica, geotecnica, idrologica,
idraulica e sismica

(ai sensi art. 23 del D.Lgs.n. 50/2016 e smi)


Dr. Geol. Francesco Serra



| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

INDICE GENERALE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | PREMESSA | 3 |
| 2. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE | 4 |
| 3. | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO | 7 |
| 4. | ANALISI GEOTECNICA DELLA TRATTA IN OGGETTO | 11 |
| 4.1. | Criteri e metodi | 11 |
| 4.2. | Rilievi geomeccanici..... | 12 |
| 4.3. | Modelli geomeccanici e dimensionamenti..... | 15 |
| 4.4. | Ottimizzazione degli interventi e rilievo con modellazione 3D | 16 |
| 4.5. | Dimensionamento delle opere in oggetto..... | 18 |
| 4.6. | Altri elementi geotecnici e geomeccanici e fondazioni | 20 |
| 5. | IDROGEOLOGIA , IDRAULICA, SISMICA..... | 21 |
| 5.1. | Idrogeologia, idrologia, idrologia e idraulica..... | 21 |
| 5.2. | Sismica..... | 23 |

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

1. PREMESSA


Lo studio in oggetto fornisce il supporto geologico e geotecnico e per la progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza lungo un tratto di strada comunale soggetto ripetutamente a cadute di massi ubicato sul versante orientale del territorio comunale fra gli abitati di Peschiera Maraglio e di Carzano; lungo questo tratto stradale sono ubicati alcuni manufatti ad uso pubblico, quali il centro di raccolta differenziata dei rifiuti, la presa dell'acquedotto comunale, le autorimesse ed i magazzini comunali, il proto commerciale.

L'area è storicamente una delle più soggette a cadute di massi anche di discrete dimensioni, insieme ai tratti stradali sul versante sud dell'isola, generalmente isolati ma che creano situazioni di disagio e potenziale pericolo alla incolumità dei passanti, che, per la natura turistica del territorio comunale di Monte Isola, è percorsa da quasi un milione di persone ogni anno.

Nel corso degli anni le diverse Amministrazioni Comunali che si sono succedute si sono impegnate con numerose opere ed interventi di messa in sicurezza, anche grazie ai finanziamenti di Regione Lombardia; gli interventi hanno oggettivamente diminuito le aree a rischio, anche se sono ancora numerose le criticità e le necessità di interventi di messa in sicurezza.

Per gli inquadramenti geologici e geotecnici e la relativa modellazione si rimanda per i dettagli agli studi ed indagini pregresse effettuate i precedenti interventi di messa in sicurezza.

Di seguito alcune considerazioni riassuntive e specifiche.

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il comune di Monte Isola (provincia di Brescia) è costituito da un unico rilievo che si erge dalle acque del lago d'Iseo e presenta in pianta una forma grossomodo rettangolare, con uno sviluppo prevalente orientato in direzione Nord-Sud per una superficie complessiva di circa 4.3 km².

Il rilievo che costituisce il comune mostra quote variabili tra i 186 m s.l.m. delle rive lacustri ed i 590 m s.l.m. del Santuario della Ceriola, il punto più alto dell'isola (fig. 1).

Il territorio di Monte Isola è compreso geologicamente nel settore orientale delle Prealpi Lombarde.

Il substrato roccioso è costituito da rocce carbonatiche di età giurassica con stratificazione immergente verso i quadranti sud-occidentali e nord-occidentali ad angolo variabile tra 20° e 40°.

Tali rocce sono ricoperte da coltri, anche abbastanza spesse, di depositi di copertura; le rocce che costituiscono il substrato appartengono a due unità formazionali:

- la Dolomia a Conchodon (*Retico sup.*), che affiora solo nella zona sommitale del rilievo isolano
- il Calcare di Moltrasio (*Lias inferiore, Sinemuriano*), che affiora con buona continuità, soprattutto lungo la sponda orientale e meridionale dell'isola e costituisce quasi interamente il substrato roccioso presente nell'area: è questa l'unità che, per le sue geometrie è quella direttamente interessata dai fenomeni di dissesto e dagli interventi in oggetto (figura 2).

La posizione della Dolomia a Conchodon sopra il Calcare di Moltrasio si spiega con un fenomeno di sovrascorrimento delle unità triassiche sulle unità giurassiche (piccolo "klippen").

L'elemento strutturale fondamentale che caratterizza l'isola è l'esistenza di una struttura sinclinalica che abbraccia tutto il lato orientale e che interessa prevalentemente le formazioni giurassiche. A tale struttura si sovrappongono due principali famiglie di piani di discontinuità normali rispetto al piano di stratificazione e normali tra loro; da questi set di discontinuità deriva il progressivo distacco di blocchi rocciosi che alimentano i dissesti in oggetto.

I depositi quaternari che ricoprono il substrato roccioso hanno un'origine prevalentemente glaciale e fluvio-glaciale a cui si associano depositi di natura gravitativa più o meno recenti originatesi dalle pareti calcaree (depositi di versante ed depositi detritici). Semplificando, i depositi glaciali affiorano principalmente sul versante occidentale, mentre su quello orientale – di nostro



Dr. Geol. Francesco Serra

PROGETTO ESECUTIVO

Interventi di messa in sicurezza e difesa del
suolo di alcuni tratti di strada comunale

Comune di Monte Isola (BS)

Data 20/09/2019

N. Commessa 2013

C. Documento 2013_DE_R2

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisione

Nome file

interesse-, le coperture risultano minime e quasi esclusivamente di natura detritica o eluvio-colluviale.

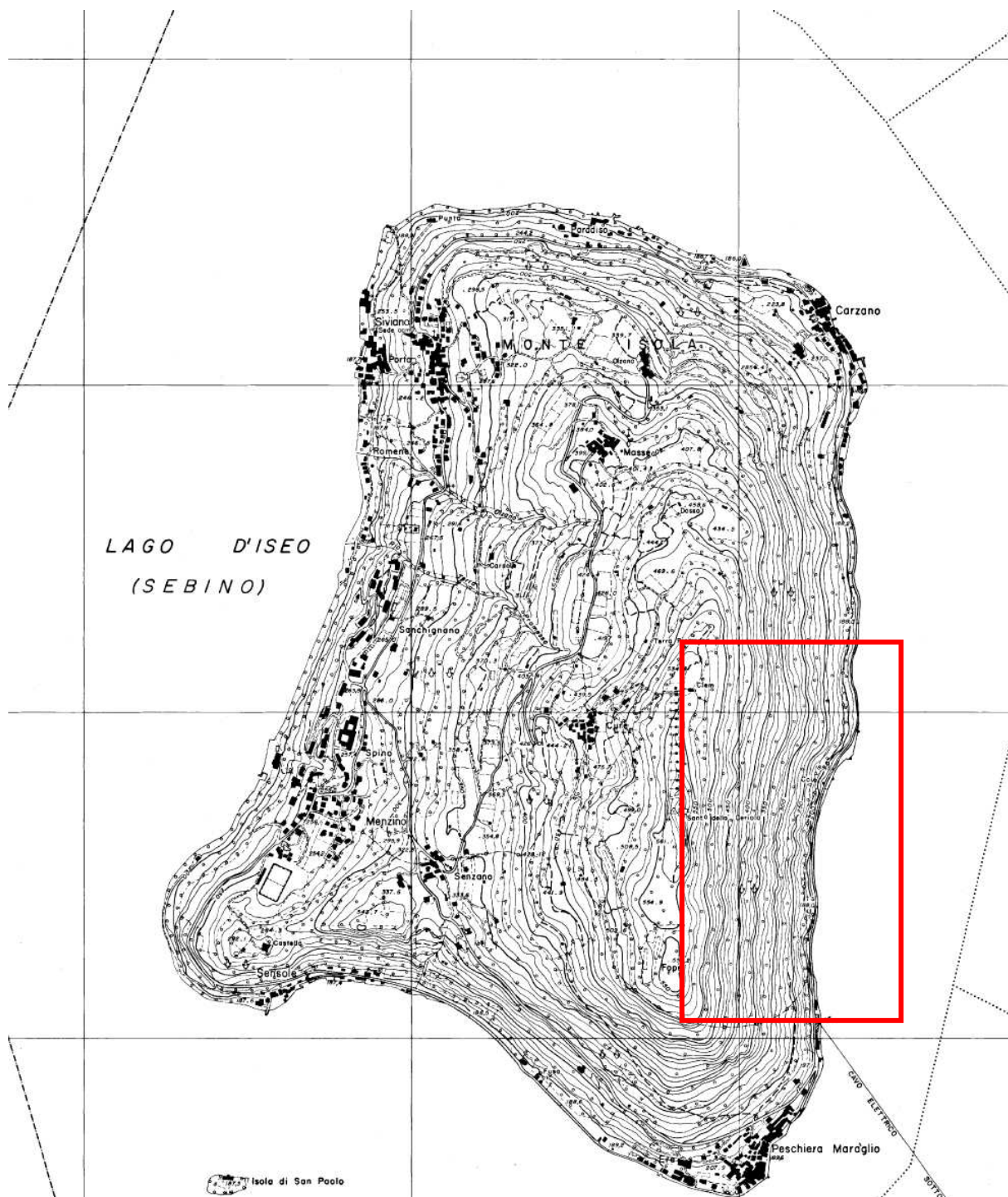

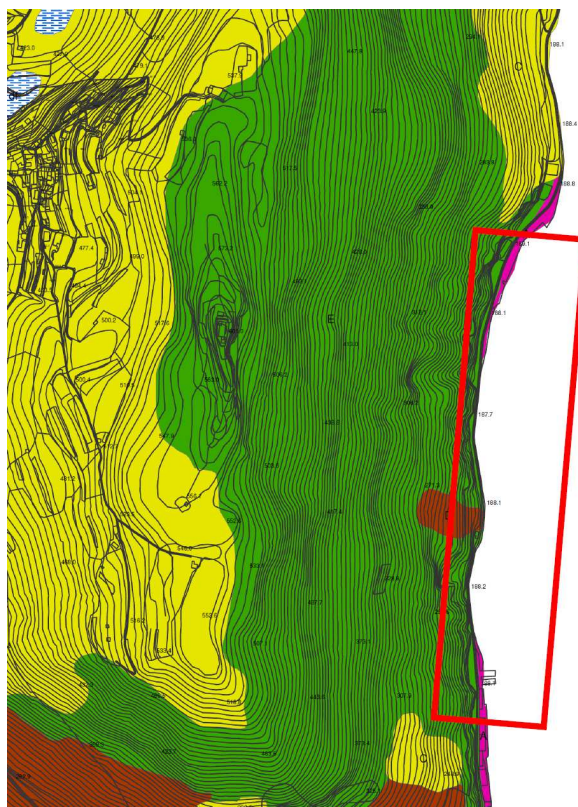



Figura 1 – Corografia del territorio di Monte Isola con tratto di interesse

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |



- UNITA' A**
 Limi sabbiosi e sabbie limose, talora associate e ghiaie. Depositi con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti, con comportamento da coesivo a semicoerente. Grado di saturazione in genere elevato; possibile innesco di fenomeni di cedimento spondale.
- UNITA' B**
 Sabbie e ghiaie in matrice limosa. Terreni a comportamento incoerente con caratteristiche tecniche da buone a mediocri. Conoidi a diverso grado di stabilizzazione.
- UNITA' C**
 Ghiaie e sabbie con ciottoli, in genere immerse in matrice limosa. Depositi in corpi sedimentari tra loro coalescenti, con rare plaghe debolmente cementate. Comportamento da semicoerente a semicoesivo, con caratteristiche tecniche variabili, talora scadenti. Problematiche principali legate all'innesco di dissesti superficiali ed al possibile moderato ristagno delle acque.
- UNITA' D**
 Ghiaie e ciottoli occasionalmente associate a sabbie. Depositi a supporto clastico caratterizzati da una porzione superficiale sciolta di spessore variabile, a volte assente, e da una sottostante zona spesso cementata e clinostratificata. Depositi ad elevata permeabilità in cui avviene modesta circolazione idrica superficiale. Depositi suscettibili di instabilità di versante quali rimobilizzazione di detrito sciolto od innesco di scivolamenti.
- UNITA' E**
 Rocce calcaree e dolomitiche stratificate, ad interstrati marnosi di spessore variabile. Ammassi rocciosi di qualità variabile, da mediocri a scadenti nelle zone molto fratturate a mediamente buone nelle zone tettonicamente poco disturbate.

Figura 2 – Inquadramento geologico (da carta dello studio geologico a supporto del vigente PGT)

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO

L'assetto geomorfologico attuale dell'isola risente dell'azione combinata dei ghiacciai e della gravità e due sono gli aspetti importanti per il territorio oggetto del presente studio:

- le pareti di crollo, presenti sul fianco orientale (in oggetto) e sul lato meridionale dell'isola in forte evoluzione e spesso interagenti con le opere antropiche;
- gli accumuli detritici presenti alla base delle stesse pareti, che possono in parte venire rimobilizzate da scivolamenti e colate di detrito generalmente a seguito di fenomeni piovosi particolarmente intensi.

Le condizioni problematiche delle pareti di crollo, che interessano quasi completamente il substrato roccioso è da ricercarsi nella geometria delle famiglie di discontinuità che hanno intensamente fratturato il substrato e nella morfologia particolarmente aspra ed acclive dei versanti.

Da queste pareti si possono generare distacchi di blocchi di roccia singoli anche di dimensioni significative, o a piccoli gruppi di blocchi, che spesso possono provocare danni alle infrastrutture esistenti (principalmente le strade e i manufatti antropici circostanti ad esse) creando in particolare rischi all'incolumità degli utenti della strada (figura 3).



Dr. Geol. Francesco Serra

PROGETTO ESECUTIVO

Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale

Comune di Monte Isola (BS)

Data 20/09/2019

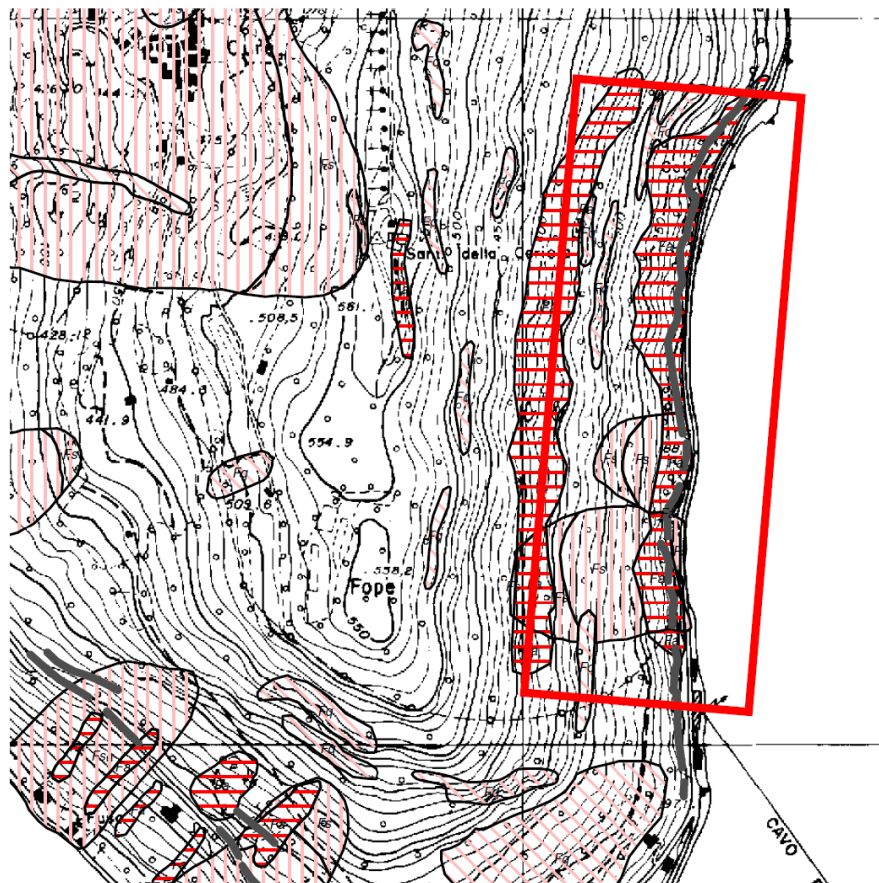
N. Commessa 2013

C. Documento 2013_DE_R2

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisione

Nome file



Frane



Area di frana attiva (Fa)/Modifiche e integrazioni




Area di frana quiescente (Fq)/Modifiche e integrazioni



Area di frana stabilizzata (Fs)/Modifiche e integrazioni

Figura 3 – Inquadramento dissesti (da carta PAI dello studio geologico a supporto del vigente PGT)

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

Per quanto riguarda la situazione della pericolosità da crollo delle pareti sovrastanti la strada nel tratto in oggetto, si ricordano di seguito alcune caratteristiche dei fronti rocciosi in esame:

- gli ammassi rocciosi appartengono ad un unica unità formazionale costituita dai calcari grigiastri generalmente stratificati ad interstrato marnoso poco alterati;
- dal punto di vista giaciturale la stratificazione immerge verso Ovest – Nord Ovest (310° - 320°) con inclinazioni variabili tra 10° e 20°
- sono presenti 4 principali famiglie di discontinuità, ed il grado di fratturazione varia localmente;
- le caratteristiche di stabilità variano principalmente a secondo del rapporto fra le giaciture di discontinuità e la parete rocciosa. In particolare la presenza di un sistema di discontinuità (indicato come K1), immergente verso Est ad alto angolo e di un sistema di discontinuità (indicato come k2) ortogonale a K1 ed alla stratificazione, può portare facilmente all'isolamento di blocchi rocciosi, con distacco e rotolamento dei blocchi stessi.

Le principali famiglie di fratture presenti sono le seguenti : Stratificazione = 310°/15°, K1 = 060°/85°, K2 = 140°/80°, K3 = 200°/85°; Le caratteristiche dell'ammasso si possono così esprimere:

Descrizione litologica : calcari selciferi stratificati in strati decimetrici o banchi di spessore massimo inferiore al metro, con interstrati marnosi di spessore variabile tra pochi millimetri e 10 cm.

Peso di volume dell'ammasso : tra 2.7 t/m³ e 2.9 t/m³

Classificazione RMR : valori compresi nel range 41 – 80 classe II e classe III (Buona - Discreta)

Indice di densità di discontinuità : variabile tra 18.6 disc/m³ e 97.5 disc/m³

Persistenza discontinuità : 50 % ÷ 100 %

Angolo d'attrito della matrice roccia : ~ 38° ÷ 40°


Coesione : 340 KPa

Modulo di deformabilità E : 36 GPa

Angolo d'attrito residuo : ~ 15° ÷ 20°:

Volume roccioso unitario medio Vr_{med} : ≈ 0,1 m³

Volume roccioso unitario massimo significativo Vr_{max} : ≈ 0,5 m³

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |


Inoltre all'interno delle fratture dell'ammasso roccioso spesso si sviluppa della vegetazione che favorisce l'instabilità dei blocchi in equilibrio precario (foto 1).

Sulla base delle analisi pregresse eseguite e confermate dalle nostre osservazioni in sito, si è appurato che:

- è possibile avere scivolamenti e crolli di blocchi rocciosi lungo i piani K1, svincolati dalla stratificazione e dalla discontinuità K2;
- è possibile avere scivolamenti a cuneo guidati dai sistemi di discontinuità presenti;
- è possibile avere il distacco di blocchi dal ciglio delle pareti aggettanti.



Foto 1: Vegetazione accresciuta all'interno delle fratture e di livelli marnosi dell'ammasso roccioso.

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |


4. ANALISI GEOTECNICA DELLA TRATTA IN OGGETTO

4.1. Criteri e metodi

A seguito dei rilievi effettuati, è stato possibile caratterizzare l'area di interesse sulla base di criteri di classificazione noti ed universalmente diffusi.

Per poter ottenere risultati il più possibile oggettivi si sono individuati i seguenti elementi indicativi facilmente parametrizzabili :

- **Profilo topografico e morfologico del versante:** basato sulle cartografie esistenti e sui rilievi in sito eseguiti dallo scrivente è il primo elemento utile per una valutazione del grado di stabilità di un'area e delle potenziali caratteristiche dinamiche, cinematiche e di pericolosità di eventuali dissesti che si venissero a creare. Si sono anche valutati gli elementi naturali più importanti, in particolare la tipologia e le caratteristiche della copertura vegetale esistente (spontanea ed infestante, agricola, ecc).
- **Caratteri lito-tecnici degli affioramenti rocciosi:** gli ammassi rocciosi sulla base di rilievi strutturali statistici e di analisi capillari sugli affioramenti sono stati caratterizzati dal punto di vista geomeccanico utilizzando i più diffusi metodi di parametrizzazione (RMR, Q system, ecc); è stato così possibile definirne le qualità dell'ammasso, il grado di stabilità ed individuare i punti più pericolosi ed dei blocchi più instabili (*key blocks*).
- **Caratteri lito-tecnici delle coperture:** analogamente sui depositi superficiali si sono rilevati i principali caratteri litostratigrafici e litotecnici (granulometria, stato di addensamento, grado di cementazione, condizioni generali dei depositi, ecc..) per ottenere una caratterizzazione dei materiali presenti fino a definire preliminarmente il grado di stabilità ed i potenziali elementi geomorfologici di dissesti potenziali attivi o quiescenti.
- **Definizione dei principali punti sorgente dei dissesti :** in particolare si è definita la distanza fra gli stessi e la sede stradale immaginando la possibile evoluzione degli stessi, in modo da poter valutare con la massima precisione possibile l'entità del rischio che insiste sulla sede stradale.

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

- **Presenza di acque circolanti:** nella valutazione delle dinamiche geomorfologiche è importante l'analisi della presenza e delle caratteristiche di eventuali acque superficiali o sub superficiali circolanti nel territorio in oggetto; in particolare vengono indicati gli impluvi principali e le aree interessate da ruscellamento concentrato che sono naturalmente le vie preferenziali di eventuali smottamenti o deflussi intensi in caso di periodi particolarmente piovosi.
- **Stato generale dei manufatti:** si sono anche valutati e segnalati gli attuali manufatti esistenti lungo la sede stradale. In particolare si sono rivelati molto utili le impronte di impatti recenti presenti lungo la sede stradale.

4.2. Rilievi geomeccanici

Tutte le caratteristiche sono state schedate e documentate anche attraverso una dettagliata documentazione fotografica, a disposizione negli archivi societari.


Gli ammassi rocciosi presenti lungo la sede stradale appartengono ad un'unica unità formazionale (*Calcare di Moltrasio*) costituita da calcari stratificati ed interessata da diverse famiglie di discontinuità e grado di alterazione. La valutazione dello stato dell'ammasso roccioso dipende dalle sue caratteristiche meccaniche, prodotte dall'interazione tra il materiale roccia e le discontinuità presenti.

I dati ricavati dal rilievo geomeccanico vengono utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, esprimibile attraverso appositi indici, che hanno lo scopo di permettere una valutazione preliminare delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nel suo complesso.

Diverse sono le classificazioni tecniche note in letteratura; le più importanti sono quelle di Bieniawski (1973 e successive modifiche) e di Barton (1979). Ognuna di esse fornisce un valore numerico (rispettivamente RMR e Q) derivato dalla somma di indici parziali stimati attraverso la valutazione qualitativa o quantitativa dei parametri e delle condizioni viste in precedenza.

La classificazione di Bieniawski tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti e fondazioni).

I rilievi eseguiti a monte della parete rendono evidenti alcune zone di affioramento roccioso con potenziali blocchi o diedri disarticolati che possono potenzialmente rotolare fino alla sede stradale.

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

È frequente lo stillicidio di sassi che cade dal versante, generalmente di dimensioni limitate (una decina di centimetri cubi ma raramente fino a quasi un metro cubo), ma che possono provocare potenzialmente danni gravi all'utenza.

L'osservazione delle reti e delle barriere presenti conferma questo fenomeno.

La frequenza aumenta nei periodi più piovosi o nelle giornate particolarmente ventose per l'azione di leva dovuta alla presenza della vegetazione infestante profondamente radicata anche su buona parte dei versanti rocciosi, soprattutto nelle zone di corona.

È evidente che i periodi di ritorno dei diversi eventi varia a secondo dello scenario considerato. Grossolanamente si possono evidenziare diverse tipologie di dissesto:

- caduta di sasso singolo, di dimensioni decimetriche (molto frequente)
- caduta di piccolo blocco o piccoli volumi di sassi di dimensioni metriche (frequente)
- crollo di alcuni metri cubi di materiale, di diedri rocciosi, di porzioni separate di versante (rari o molto rari)
- crollo di grandi porzioni della parete rocciosa per decine, centinaia o migliaia o più di metri cubi (rarissimi o assenti in periodo storico).

Le cadute di sassi sono collegati a situazioni diffuse di instabilità, più frequenti al tetto delle scarpate rocciose, per motivi geomeccanici .



| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |



Foto 2 : 'Tetti' rocciosi al ciglio superiore della scarpata lungo strada, una delle numerose zone di alimentazione dei crolli

In questo caso il modello di crollo prevede il distacco di singoli blocchi a partire dai settori più bassi, con un potenziale progressivo aumento delle porzione di distacco verso la parte più elevata della parete; i blocchi inferiori si comportano da *'key-block'* rispetto ai livelli soprastanti, spesso separati dalla parete principali con discontinuità a buona persistenza, alterate ed aperte (si veda anche la documentazione fotografica allegata).

È importante notare che, a monte della parete in oggetto, il versante si presenta come molto inclinato, e disseminato da blocchi nel detrito sparso, più o meno stabili, che hanno origine dalle pareti rocciose subverticali presenti a quote ancora superiori, con una tipica successione gradonata di affioramenti rocciosi subverticali; anche questi sono potenziali sorgenti di ulteriori cadute massi, che in alcuni casi potrebbero raggiungere la sede stradale, soprattutto lungo le

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

principali vallecicole, impostate sulle principali lineazioni tettoniche e tendenzialmente rettilinee o mediante i rimbalzi che possono ed hanno superato, le barriere paramassi ove già presenti. È questo un fenomeno, a cui si è accennato anche nei precedenti capitoli e che va tenuto in debito conto.

Di seguito si riporta un dettaglio delle famiglie di discontinuità in oggetto.

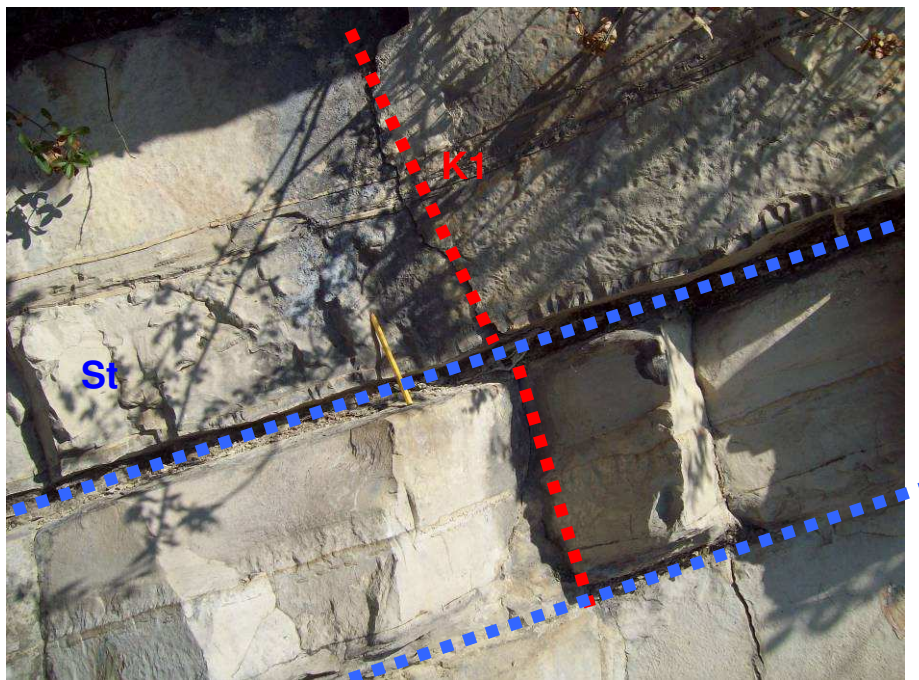



Foto 3 : orientazione delle famiglie di fratture: S1, K1, K2 ortogonale a K1 e St

4.3. Modelli geomeccanici e dimensionamenti

Il versante da mettere in sicurezza presenta in generale le stesse caratteristiche lungo tutta l'estensione oggetto dell'intervento. Per tale ragione la progettazione sarà riferita ad un unico tratto avente caratteristiche pressoché omogenee definendo in tal modo le tipologie e le quantità indicative degli interventi di messa in sicurezza da svolgere.

Nelle figure seguenti si riportano i modelli generici relativi allo stato della parte bassa del versante, tratta da studi precedenti che si ritengono validi come modelli tipici anche per il caso in oggetto.

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

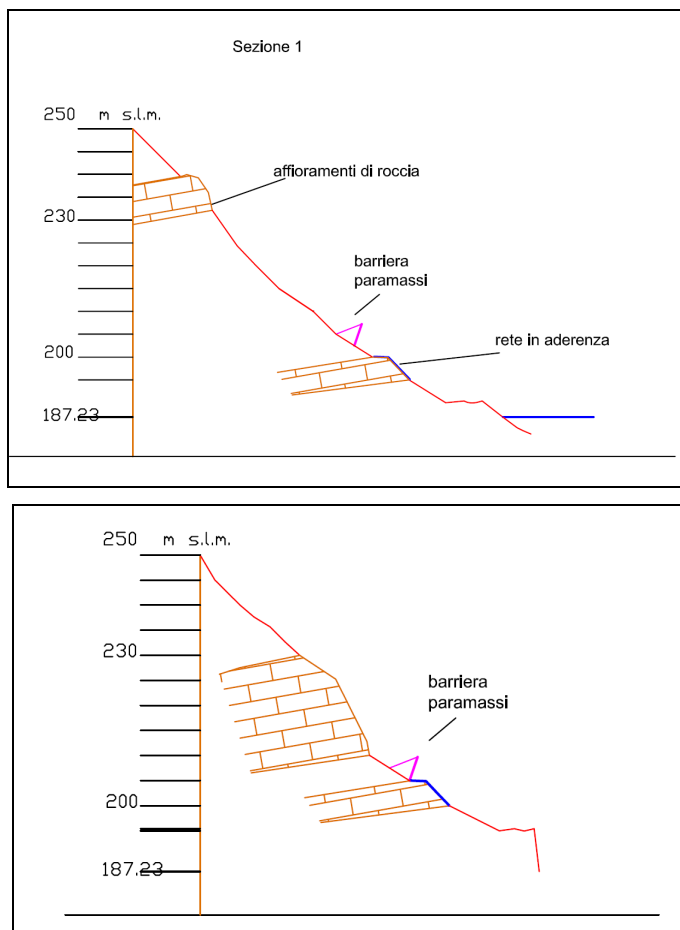



Figura 4 : sezioni tipo del versante in oggetto

4.4. Ottimizzazione degli interventi e rilievo con modellazione 3D

I diversi interventi di messa in sicurezza che sono finora stati effettuati spesso su base emergenziale, a seguito di dissesti puntuali oppure grazie a finanziamenti con budget predefiniti, spesso non sufficienti a completare completamente la messa in sicurezza di un intero settore.

A parere dello scrivente, come già suggerito in precedenti occasioni, si ritiene ormai improcrastinabile un rilievo completo dei versanti est e sud dell'isola, a partire dal versante in oggetto, secondo le nuove metodologie di rilievo che possono fornire, con l'integrazione

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

di rilievi topografici GPS tradizionali con rilievi APR (drone) una ricostruzione 3D di estremo dettaglio, con risoluzione superiore a quella dei sassi più piccoli (≤ 10 cm) .


Si fa presente che in questo modo si potrebbe valutare al meglio anche le condizioni degli affioramenti rocciosi a quote più elevate e più imponenti, a partire dalla parete immediatamente a valle del santuario della Ceriola.

Inoltre vista l'estrema difficoltà nel raggiungere alcuni settori del versante a causa dell'impervietà della mancanza di vie d'accesso, della forte instabilità degli ammassi e della presenza di fitta vegetazione infestante con questa tecnica si potrebbero indagare aree poco o per nulla raggiungibili.

La restituzione di questo rilievo permetterebbe un'adeguata ottimizzazione del posizionamento delle opere in progetto e sarebbe un utile strumento pianificatorio per le successive fase di messa in sicurezza in un ottica di riduzione dei costi con l'obiettivo di realizzare le opere dimensionate e posizionate in modo da ottenere i massimi benefici. In particolare si potranno caratterizzare gli affioramenti delle gradonature superiori, irraggiungibili a piedi e che sono causa talvolta anche di sormonti delle opere esistenti, che peraltro hanno comunque rivelato una notevole efficacia nel intercettare i materiali da monte.

Infatti, una volta ottenuto il rilievo sarà possibile :

- Valutare lo stato di tutto il versante, mediante foto e video ad alta definizione con segnalazione dei punti dove sono presenti le principali criticità, in particolare i principali punti di distacco di massi e/o blocchi e le loro dimensioni approssimative.
- Definire le aree residue di maggior rischio in rapporto alla possibilità di raggiungere la sede stradale ed i manufatti esistenti, per creare i modelli il più possibile realistici
- Verificare puntualmente lo stato delle barriere e reti esistenti
- Valutare la pericolosità del versante mediante lo studio delle cadute massi per definire modellisticamente le condizioni di rischio potenziale dell'impianto di distribuzione in oggetto previa individuazioni dei punti a più elevata probabilità di distacco,

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

indicazione delle caratteristiche dimensionali dei sassi instabili, ed individuazione delle caratteristiche dei versanti (coefficienti di restituzione energetica, coefficienti di attrito, ecc..) ed utilizzano modellazioni delle cadute massi con programmi tipo ROTOMAP® prodotto dalla geo&soft, un metodo di calcolo che ha il vantaggio di non operare solo su semplici sezioni verticali, ma che può analizzare il comportamento cinematico sull'intero versante grazie a procedure di simulazione che permettono di ricostruire i percorsi curvilinei dei blocchi di roccia. Più il rilievo topografico è puntuale e preciso, più questo metodo di calcolo si rivela affidabile.


- fornire alla DL elementi per mettere a punto e definire univocamente in corso d'opera dei posizionamenti delle opere di progetto
- segnalare e censire le ulteriori criticità delle aree in cui le opere esistenti od in progetto non permettono adeguata protezione come elemento di lavoro per le successive pianificazioni per al difesa del suolo e del territorio

Pertanto si consiglia fortemente alla Stazione Appaltante di **inserire nell'impegno di spesa relativo al progetto in esame una specifica voce a riguardo per la realizzazione di questo rilievo e successiva modellazione da effettuare necessariamente durante il riposo vegetativo e che preceda la realizzazione delle opere in progetto.**

Lo strumento ottenuto sarà poi utilmente utilizzato nelle future pianificazioni, e come elemento storico di controllo di eventuali futuri movimenti del versante e potrà essere implementato verso la parete meridionale.

4.5. Dimensionamento delle opere in oggetto

Sulla base di quanto noto e ricavato dai rilievi geostrutturali, dalle informazioni ottenute dall'osservazione del comportamento delle opere esistenti, dalla valutazione dei blocchi intercettati in questi anni, dalla posizione e caratteristiche degli ultimi crolli di materiale registrati, è stato possibile dimensionare gli interventi in oggetto e la loro posizione indicativa, da

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

confermare in sede esecutiva, previa acquisirne degli elementi di cui al paragrafo precedente ed alla pulizia specifica del sito di posizionamento.


In questo modo è stato possibile, secondo le formule classiche dell'energia cinetica verificare le energie sollecitanti di progetto $[E_{s_d} \geq (1/2 * m_d * V_d^2) * \gamma_R]$ sulla base della massa m_d blocco di progetto (circa $0,5 \text{ m}^3$) e della velocità V_d ipotizzata sulla base della posizione degli affioramenti per un fattore di sicurezza γ_R .

Come riportato anche nella documentazione allegata si sono individuate le seguenti tipologie di interventi :

- operazioni di pulizia e disaggio di blocchi pericolanti, manutenzione di erti e barriere esistenti
- realizzazione di nuove opere di difesa attive consistenti in reti romboidali in aderenza a doppia torsione con funi di contenimento in acciaio.
- realizzazione di nuove opere di difesa passive quali barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia

In estrema sintesi in relazione alle indagini svolte, alle risorse disponibili e sulla base delle motivazioni citate si sono individuate le seguenti scelte tipologiche e progettuali :

- lavori di disaggio leggero e pesante, pulizia del versante, rimozione di alberi od arbusti e/o ripristini e manutenzione su difese ammalorate su circa 1000 metri quadri di versante in diversi punti del tratto;
- realizzazione di una rete metallica romboidale a doppia torsione con armatura di contenimento in funi di acciaio min 12 mm con maglie indicativamente 3x6 m (da ridurre su particolari morfologie in modo da garantire la perfetta aderenza della rete al versante), funi di contenimento 16 mm, ed ancoraggi minimo 34 mm e $L \geq 3\text{m}$, per un totale complessivo valutabile in circa 400 m^2 .
- realizzazione di barriere paramassi di altezza 5 metri, passo dei piloni di 10 metri, in grado di assorbire energie non inferiori ai 2000 Kj (classe di energia 5) per uno sviluppo lineare di circa 60 metri.

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

4.6. Altri elementi geotecnici e geomeccanici e fondazioni

Dal punto di vista geotecnico e fondazionale gli unici elementi di interesse riguardano gli appoggi dei montanti delle barriere paramassi; in linea generale, visto le ubicazioni delle barriere al ciglio superiore degli affioramenti rocciosi subverticali, tutte le basi dei montanti saranno ubicate direttamente sulla roccia; da questo punto di vista non si rivelano particolari problematiche relativamente alla capacità portante della base fondazionale, sicuramente compatibile con i carichi delle opere in progetto.

Diverso è invece valutare l'effetto complessivo della barriera, sottoposta alle sollecitazioni derivanti dalla caduta di massi. In particolare poiché la roccia è comunque interessata da discontinuità si ritiene indispensabile anche su terreno roccioso affiorante predisporre dei tiranti di ancoraggio (quattro per piastra) adeguatamente dimensionati sulla base delle caratteristiche dei kit delle opere in progetto.

Sarà necessario che venga predisposta da parte del fornitore apposita relazione di calcolo delle fondazioni adeguatamente dimensionate, tenendo presente anche la possibilità che, in qualche caso la fondazione sia su terreno sciolto incoerente o su detrito dove sarà necessario dimensionare un dado di fondazione in calcestruzzo e degli ancoraggi dimensionati opportunamente.

Per quanto riguarda gli elementi di caratterizzazione si ricordano che :


Per le rocce si possono utilizzare :

- unico strato con RQD ≥ 50 % , angolo di attrito 40° e $c \geq 3.4$ MPa, E 35 GPa

Per i terreni si possono utilizzare :

- unico strato con angolo di attrito 30° e $c = 0$ KPa

Sarà comunque obbligatorio identificare e visualizzare in sito ogni specifico punto di base dei montanti e verificare in sede esecutiva con la Direzione Lavori ogni singolo punto verificando le caratterizzazione proposte, le ipotesi di calcolo ed i dimensionamenti fondazionali e degli ancoraggi, nonché prevedere prove finali di tensionamento a trazione su tiranti, tirafondi ed ancoraggi come da capitolato.

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

5. IDROGEOLOGIA , IDRAULICA, SISMICA

5.1. *Idrogeologia, idrologia, idrologia e idraulica*

Visto il contesto di riferimento, la tipologia dell'intervento, la topografia del sito e le condizioni al contorno è evidente la mancanza di elementi idrologici e idraulici strutturati di particolare interesse per i fini progettuali in oggetto.

Dal punto di vista idrogeologico l'attuale condizione dell'isola risente dell'azione combinata dei ghiacciai e della gravità con diversi fenomeni geodinamici principali :

- la presenza di pareti di crollo, presenti sul fianco orientale (in oggetto) e sul lato meridionale dell'isola, in continua evoluzione e spesso interagenti con le opere antropiche ed in particolare con la sede stradale;
- la presenza di accumuli detritici alla base delle stesse pareti, che possono in parte venire rimobilizzate da scivolamenti e colate di detrito generalmente a seguito di fenomeni piovosi particolarmente intensi.
- la presenza di una circolazione ipogea nelle rocce carbonatiche che possono portare a fenomeni di rigurgito su altri versanti dell'isola

Si segnala a questo riguardo, oltre ad una ricca circolazione idrica superficiale incanalata nelle ripide incisioni presenti a carattere episodico ed in contesti di intense precipitazioni, l'emergenza di venute d'acqua e stillicidi, a carattere stagionale e, meno frequentemente, permanente, con emergenze dai livelli incoerenti terrigeni intercalati alle rocce calcaree, ed in punto di emergenza in coincidenza con cavità di varia dimensione e natura.

Si tratta di elementi che possono aumentare i rischi di cadute massi e/o crolli.



Dr. Geol. Francesco Serra

PROGETTO ESECUTIVO

**Interventi di messa in sicurezza e difesa del
suolo di alcuni tratti di strada comunale**

Comune di Monte Isola (BS)

Data 20/09/2019

N. Commessa 2013

C. Documento 2013_DE_R2

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisione


Nome file



— Elementi idrografici secondari più significativi

Figura 5 – Inquadramento idrologico

(da carta dello studio del reticolo Idrico Minore a supporto del vigente PGT)

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | Revisione | |
| | | Nome file | |

5.2. Sismica

L'emanazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 ha determinato la classificazione sismica del territorio nazionale attraverso la definizione di 4 zone sismiche.

Questa classificazione è superata dalla nuova D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (figura 6) vigente a tutti gli effetti a partire dal 10 aprile 2016. Secondo questa classificazione il comune di Monte Isola appartiene **alla zona sismica 3, più restrittiva e con maggiori vincoli progettuali e di verifica**; in particolare la **Delibera citata definisce per Monte Isola il valore di accelerazione massima pari a 0,133833**.

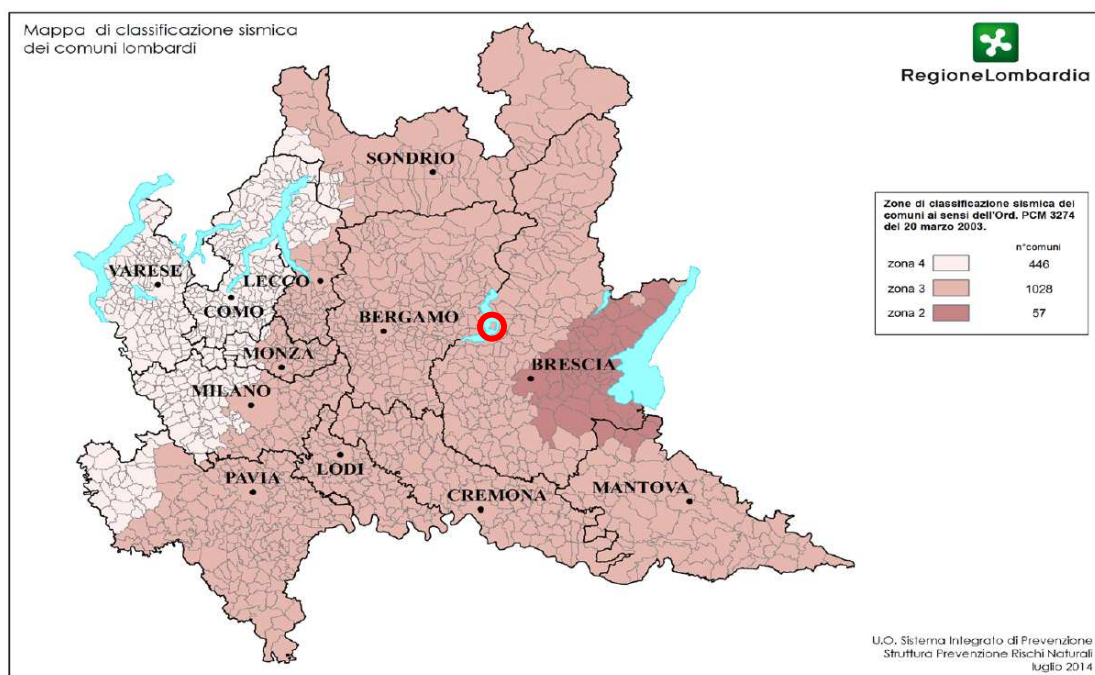

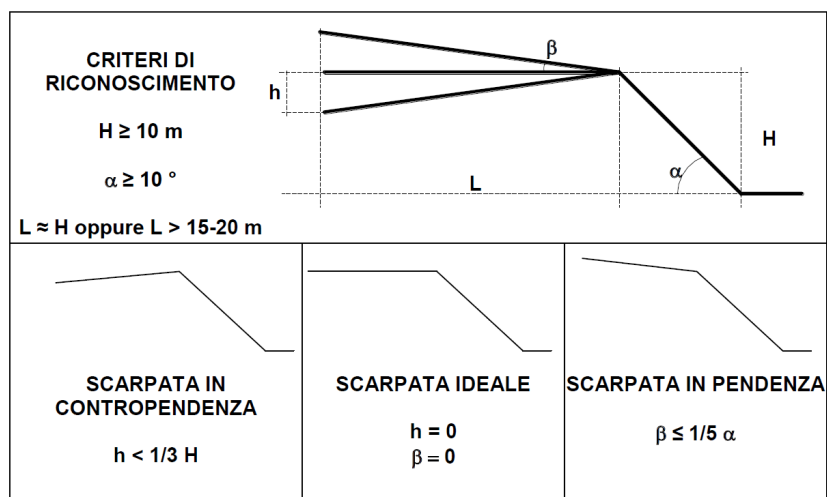


Figura 6: classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.G.R. n.X/2129 del 11 luglio 2014).

Sulla base della normativa vigente e dello studio geologico allegato al PGT, si rileva che l'area in oggetto non è interessata dalla amplificazione litologica ma è ubicata anella parte bassa di una scarpata di altezza H superiore mediamente ai 70° con area di influenza pari ai due terzi dell'altezza e valori di F_a per periodi propri compresi fra 0,1 e 0,5 s valutati pari a 1.1 (si veda figura 7 seguente),

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |


EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



| Classe altimetrica | Classe di inclinazione | Valore di $Fa_{0,1-0,5}$ | Area di influenza |
|---|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| $10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.1 | $A_i = H$ |
| $20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.2 | $A_i = \frac{3}{4} H$ |
| $H > 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ | 1.1 | $A_i = \frac{2}{3} H$ |
| | $20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$ | 1.2 | |
| | $40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ | 1.3 | |
| | $60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$ | 1.2 | |
| | $\alpha > 70^\circ$ | 1.1 | |

Figura 7 : scheda effetti morfologici (allegato 5 alla DGr IX/2616 del 30 novembre 2011)

Sulla base della tabella 3 seguente (capitolo 3.1.4 del DM 17.01.2018, NTC 2018, tabella 3.1.II) il sito si può considerare interessato dalla categoria di suolo A nell'area di interesse progettuale.

| | | | |
|--|--|----------------------------|------------|
|  Dr. Geol. Francesco Serra | PROGETTO ESECUTIVO Interventi di messa in sicurezza e difesa del suolo di alcuni tratti di strada comunale Comune di Monte Isola (BS) | Data | 20/09/2019 |
| | | N. Commessa | 2013 |
| | | C. Documento | 2013_DE_R2 |
| | | RELAZIONE GEOLOGICA | |
| | | Revisione | |
| | | Nome file | |

| Categoria | Descrizione | Parametri | | |
|-----------|---|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | | V _{s,30} (m/s) | N _{SPT,3} 0 | C _{u,30} (kPa) |
| A | <u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V _{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m | > 800 | - | - |
| B | <u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | <u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | 15-50 | 70-250 |
| D | <u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | <u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con V _s >800 m/s). | | | |

Tabella 1 : categorie di suolo (da cap. 3.1.4 NTC 2018)

In realtà il problema sismico va visto nel nostro caso non tanto dal punto di vista della risposta della struttura alla sollecitazione sismica (peraltro con una categoria del suolo in classe A), ma più semplicemente come causa potenziale di distacco dei blocchi durante un terremoto, così come utilizzato nelle simulazioni pregresse effettuate.