

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 3 0

E

a

0 0 1

I T

- -

R 3

-

LINEA FERROVIARIA BRESCIA - ISEO - EDOLO
INTERVENTI DI MANUTENZIONE CONTRO IL DISSESTO IDROGEOLOGICO
Progetto esecutivo

TRATTA MARONE-PISOGNE E CIVIDATE-BRENO
Relazione tecnico illustrativa

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3	15/07/2022	QUARTA EMISSIONE, CORREZIONE COME DA RAPPORTO TECNICO DI VERIFICA		
	2	23/05/2022	TERZA EMISSIONE, AGGIUNTA AREA A07		
	1	28/01/2022	SECONDA EMISSIONE		
	0	20/01/2022	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE (a.l.)
Dott. Enrico Bellavia

Progettista



ERBA LUCA
Sez. A - Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 639

Collaborazione



3TI PROGETTI ITALIA
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.

Responsabile dell'integrazione prestazioni
specialistiche: Ing. Stefano Luca Possati

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
-	M.T. Navarra	S.L. Possati	28/01/2022
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

INDICE

INDICE	1
1. PREMESSA.....	2
1.1 OGGETTO DELL'INCARICO.....	2
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2. INQUADRAMENTO DELLE AREE	3
3. INDAGINI ESEGUITE IN SITO	6
3.1 CARATTERI GEOLOGICI – GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI GENERALI	8
3.2 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	13
3.4 CARATTERI GEOTECNICI GENERALI.....	19
4. DEFINIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	20
4.1 METODOLOGIA ADOTTATA	20
4.2 SCELTE PROGETTUALI.....	20
4.3 FASI DI LAVORAZIONI PREVISTE.....	21
4.4 MONITORAGGIO DELLE OPERE DI VERSANTE	41
5. PRECOLLAUDO IN CORSO D'OPERA.....	42
5.1 RETE IN ADERENZA	42
5.1.1 Prova di trazione degli ancoraggi.....	43
5.1.2 Prova di connessione rete-ancoraggi.....	44
5.2 RETE PARAMASSI E PER COLATE DETRITICHE.....	44
5.3 CANTIERIZZAZIONE E IMPATTO SULLA VIABILITA'	44

1. PREMESSA

1.1 OGGETTO DELL'INCARICO

La presente Relazione tecnico – illustrativa è parte del progetto esecutivo degli **interventi di manutenzione contro il dissesto idrogeologico sulla linea ferroviaria FERROVIENORD Brescia - Iseo – Edolo**.

Il presente progetto fa seguito ad un precedente studio “Analisi delle criticità relative alla caduta massi del tratto ferroviario compreso tra Marone e Pisogne in provincia di Brescia” che rappresentava uno studio di inquadramento delle problematiche di caduta massi presenti lungo la Linea Ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo avente lo scopo di suddividere i tratti ferroviari a diversa pericolosità ed individuare le opere necessarie alla messa in sicurezza delle situazioni più critiche.

Ad esso è seguita una Relazione Tecnica e di analisi della descrizione delle principali problematiche di carattere geologico e geomorfologico che interessano il territorio oggetto di intervento e successivamente indicate le metodologie di studio e indagine individuate come attività propedeutiche alla progettazione degli interventi di consolidamento dei versanti e messa in sicurezza della linea ferroviaria.

La presente Relazione tecnico-illustrativa è parte integrante del progetto esecutivo per la realizzazione delle opere di difesa realizzata in conformità agli studi e ai rilevamenti effettuati nel rispetto di quanto prescritto dal D.Lgs. 50/2016 e dal DPR 207/2010 e s.m.i e dalla normativa vigente NTC 2018.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche di calcolo sono state effettuate basandosi su quanto previsto nei documenti normativi e nei lavori scientifici nel seguito elencati.

Riferimenti normativi:

- DM Infrastrutture 17 gennaio 2018;
- UNI 11167:2018: Opere di difesa dalla caduta massi - Rilevati paramassi - Metodo di prova all'impatto e realizzazione;
- UNI 11211-1:2018: Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 1: Termini e definizioni;
- UNI 11211-2:2021: Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 2: Programma preliminare di intervento;
- UNI 11211-3:2018: Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 3: Progetto preliminare;
- UNI 11211-4:2018 Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo

2. INQUADRAMENTO DELLE AREE

La presente progettazione degli interventi di manutenzione è in riferimento alla progettazione delle opere relative alle tratte ferroviarie: Marone – Pisogne e Civate – Breno con specifica codifica degli interventi di seguito riportati:

Area A = tratta Marone - Pisogne da cui Aree A1 – A5 – A07 – A9 – A10 – A11 – A14 – A17

Area B = Tratta Civate – Breno da cui Aree B01 – B02 – B08

Gli interventi dell'Area A sono localizzati lungo la tratta ferroviaria di circa 10 km compresa tra il Comune di Marone, a valle, e il comune di Pisogne, a monte, attraversando le fraz. di Vello e Toline.

Il tratto di linea si estende principalmente in galleria lungo la sponda in sinistra orografica del lago d'Iseo caratterizzata dal complesso roccioso del Corno Trenta Passi.

Gli interventi dell'Area B sono distribuiti sulla tratta compresa tra il comune di Civate, a valle, e il comune di Breno, a monte.

Denominazione Intervento	ID	pk	dissesti
TRATTA MARONE - PISOGNE			
galleria Predalva – Lato Pisogne	A1	45+320 – 46+000	Crollo/caduta massi
Tra galleria di san Giorgio e galleria Val Finale	A5	17+414	Crollo/caduta massi
Tra galleria Santa Barbara e galleria Pirlo	A7	16+811 - 16+848	Crollo/Caduta massi
Tra galleria Grotte e galleria Vaccarezzo	A9		Crollo/caduta massi
Tra galleria Grotte e Valcomune 2	A10		Crolli/ distacchi imbocco galleria Grotte
Tra galleria Valcomune 2 e Valcomune 1	A11		Crollo/caduta massi
Tra galleria Colombano e Vello	A14	40 + 000	Crollo / scivolamento copertura
Tra galleria Marone e Sempioncino	A17	38 + 380/38 + 850	Crollo/ caduta massi
TRATTA CIVATE - BRENO			
Scarpata	B01	71+180 – 71+400	Crollo/ caduta massi
Pk 70 + 940 – 70+980	B02	70 + 940 – 70+980	Crollo/ caduta massi
Imbocco galleria Civate	B08	68+600/68+850	Crollo/ caduta massi

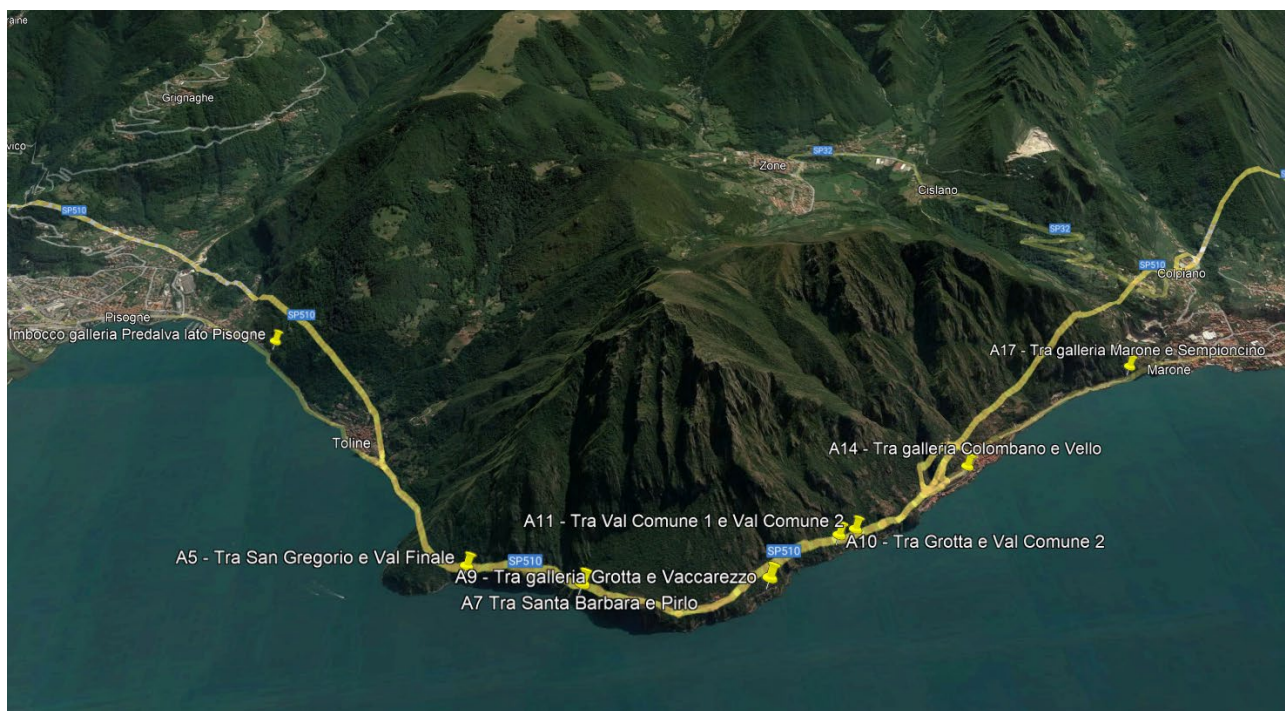


Figura 1: Localizzazione degli interventi sulla tratta Marone Pisogne

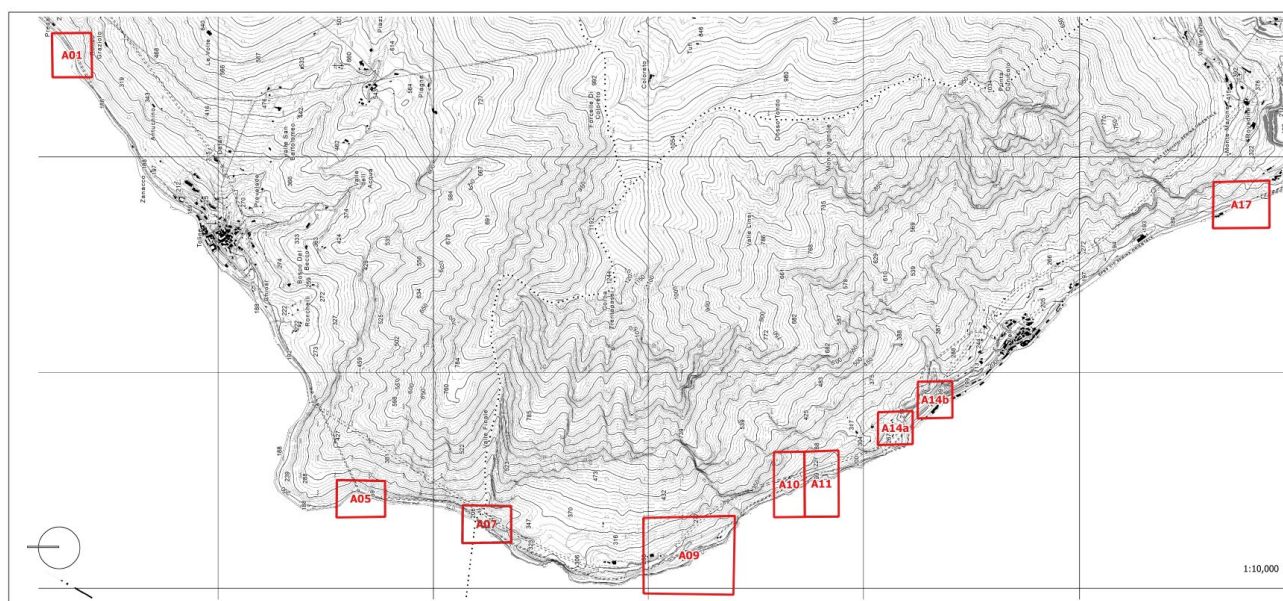


Figura 2 Inquadramento topografico area d'intervento A tratta Marone – Pisogne

3. INDAGINI ESEGUITE IN SITO

La progettazione degli interventi di consolidamento dei versanti finalizzati alla messa in sicurezza della linea ferroviaria è stata preceduta da attività di studio, analisi e rilievi, come successivamente elencati:

1. rilievi di campagna geologico-geomorfologici;
2. rilievi geomeccanici e geostrutturali;
3. rilievi topografici con drone e utilizzo di tecnica laser scanner;
4. analisi di rilievi laser scanner ai fini dell'analisi geostrutturale dell'ammasso roccioso;
5. indagini geognostiche in sito e geomeccaniche di laboratorio e interpretazione dei rispettivi dati forniti dalle prove;
6. definizione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso;
7. ricostruzione della dinamica geomorfologica dei versanti mediante planimetrie di dettaglio, sezioni e prospetti rappresentativi della distribuzione dei dissesti;
8. individuazione delle situazioni di potenziale instabilità e valutazione della pericolosità di ciascun sito di intervento.

Facendo riferimento alle tavole di sintesi si riporta in seguito in tabella la sintesi della distribuzione delle indagini a seconda delle aree di intervento.

Area A	A1	A5	A7	A10	A11	A14ab	A17
Rilievo geologico	●	●	●	●	●	●	●
Rilievo geomeccanico	R1	R1 R2		R1 R2 R3	R1 R2 R3 R4 R5 R6	a(R1 R2 R3 R4) b(R1 R2 R3 R4)	R1 R2
Indagini geognostiche							
<ul style="list-style-type: none"> - Sondaggio a distruzione di nucleo (10 m) e videoispezione - Sondaggio a carotaggio continuo (2 m) 		S4-S5		S2		S1	
Prove di laboratorio							
<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione monoassiale da point load test - Resistenza a compressione monoassiale - Resistenza a trazione da prova brasiliana 		●		●		●	

- Angolo d'attrito da tilt test							
Prove sismiche Tomografia sismica a rifrazione		Rifra 4 Rifra 5		Rifra 2	Rivra 3	Rifra 1	
Indagini topografiche Rilievo piano altimetrico da drone	●	●	●	●	●	●	●

Area B	B01	B02	B08
Rilievo geologico	●	●	●
Rilievo geomeccanico	R1 R2 R3 R4	R1 R2	R1 R2 R3 R4
Indagini geognostiche			
- Sondaggio a distruzione di nucleo (10 m) e videoispezione - Sondaggio a carotaggio continuo (2 m)	S8	S7	S6
Prove di laboratorio			
- Resistenza a compressione monoassiale da point load test - Resistenza a compressione monoassiale - Resistenza a trazione da prova brasiliana - Angolo d'attrito da tilt test	●	●	●
Prove sismiche Tomografia sismica a rifrazione			
Indagini topografiche Rilievo piano altimetrico da drone	●	●	●

3.1 CARATTERI GEOLOGICI – GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI GENERALI

Geologia

Il settore A si sviluppa lungo la sponda sinistra del Lago d'Iseo, la quale risulta costituita prevalentemente da affioramenti rocciosi calcareo-dolomitici e da depositi detritici e eluvio colluviali che ricoprono i versanti, con limitati spessori (dell'ordine massimo di 2 metri e mediamente dell'ordine di 1 metro) sino al raccordo con il ciglio della scarpata rocciosa a ridosso della sede ferroviaria.

Il substrato roccioso è costituito dalle unità della successione triassica, dominata nel tratto in esame prevalentemente dalla formazione di Castro Sebino (che si trova nella parte nord) e la Dolomia Principale (che comprende buona parte del tratto esaminato sino a sud); quest'ultima può essere ulteriormente suddivisa in tre membri dalle caratteristiche tessiturali distinte, definiti come "membro inferiore", "facies tipica" e "membro biocostruito".

- **Formazione di Castro Sebino:** si tratta di brecce calcaree a stratificazione indistinta, con intercalazioni di calcari grigi ben stratificati. Interessa marginalmente la porzione più settentrionale del tracciato: in corrispondenza dell'imbocco nord della galleria San Gregorio si posiziona il contatto con la Dolomia Principale, che si manifesta come una fascia di alcuni metri di brecce e conglomerati dolomitici ben stratificati.
- **Dolomia Principale "membro inferiore":** si tratta di dolomie e dolomie calcaree scure stratificate, con intercalazioni di livelletti marnosi e argillitici da verdastri a nerastrì. Al contatto con la Formazione di Castro Sebino si presenta con struttura brecciata con stratificazione indistinta.
- **Dolomia Principale "facies tipica":** sono dolomie massicce, cristalline, organizzate in strati e banchi, con locali strati a struttura brecciata, spesso inglobante fossili e bioclasti.
- **Dolomia Principale "membro biocostruito":** è un membro abbastanza eterogeneo, con molte strutture differenti, ma in genere consta di dolomie cristalline chiare, in bancate, frequentemente associate a livelli biocostruiti (prodotti dall'azione di organismi marini) di spessore metrico o plurimetrico.

Su queste rocce sono localmente presenti delle placche di depositi recenti, di spessore comunque modesto, riconducibili a depositi glaciali e di versante. Gli unici depositi presenti con una certa continuità si localizzano sull'estremità occidentale del promontorio della Trentapassi, in località Vaccarezzo.

Il settore B si sviluppa tra gli abitati di Civate, Malegno e Breno, al centro della Valle Camonica, in cui affiorano rocce di composizione prevalentemente carbonatica appartenenti alla serie triassica sudalpina, che coprono con continuità il periodo compreso fra l'Anisico ed il Carnico. Principalmente, le formazioni dominanti nel tratto in esame sono rappresentate dalle dolomie della Formazione di Breno e dai calcari dolomitici massivi del Calcare di Esino.

Nel complesso le unità sono disposte con immersione rivolta verso nord ed inclinazione media di circa 30°. La disposizione locale delle unità è disturbata dalla presenza di alcuni piani di faglia subverticali trascorrenti destre, orientati per lo più NO-SE, che determinano un ribasso della serie da sud-ovest verso nord-est.

- **Calcare di Esino:** tale unità risulta costituita da calcari micritici e calcari dolomitici da grigio chiari e rosati a grigiocuri nocciola, biancastri sulle superfici alterate, diffusamente fessurati e carsificati, spesso fetidi alla percussione. La stratificazione è massiccia per lo più indistinta o, localmente, in grossi banchi poco marcati. In alcune zone il Calcare di Esino si presenta grossolanamente ricristallizzato e con cavità riempite da calcite spatica. Il Calcare di Esino forma in genere rilievi biancastri, di aspetto dolomitico, i quali risultano tipicamente spogli di vegetazione e la sua facies metamorfica genera marmi bianchi saccaroidi, calcefiri a diopside, wollastonite, xantofillite con lenti di granatiti.
- **Formazione di Breno:** la Formazione di Breno è litologicamente composta da calcari e calcari dolomitici, con tipici cicli peritidali, di colore da grigio a grigio scuro. Presso le aree di interesse, affiora il Membro di Campolungo, che rappresenta la litofacies superiore ed è costituito da dolomie microcristalline grigio-biancastre, in strati da decimetrici a pluridecimetrici con sottili interstrati marnosi o argilliti verde-giallastro.

Per quanto riguarda gli aspetti geologico-strutturali territoriali, le aree di studio si collocano nella parte sud-ovest dell'area interessata dall'intrusione del plutone dell'Adamello. Il fenomeno intrusivo ha causato la formazione di linee di fratturazione tettonica d'importanza regionale, a cui sono riconducibili gli stessi giunti di fratturazione rilevati presso gli ammassi rocciosi analizzati. Localmente, dove l'ammasso ha reagito con comportamento prevalentemente rigido alle deformazioni tettoniche, la fratturazione diviene più intensa e maggiore la probabilità che si verifichino distacchi di blocchi rocciosi. Alle deformazioni di tipo fragile si aggiungono anche deformazioni di tipo duttile che danno vita a piegamenti nelle stratificazioni

Geomorfologia

Il settore A è dominato da fenomeni di tipo gravitativo, nella forma di crolli e caduta massi dalle pareti ampiamente presenti sui versanti della Trentapassi. I ripidi canali presenti possono essere sede di fenomeni di piena con trasporto solido (prodotto dalla continua attività di versante), esclusivamente in occasione di violenti temporali. Si tratta, infatti, di impluvi morfologici praticamente privi di bacini di alimentazione significativi, mostrandosi, invece, come canali rettilinei e ripidi che collegano le porzioni più alte dei versanti con il lago. Tali canali sono impostati verosimilmente lungo linee di frattura o lungo superfici di strato (dove sono presenti strati inclinati con alti angoli o quasi verticali), che sono delle zone di debolezza e, quindi, erosione preferenziale, che tendono perciò a richiamare le acque superficiali.

Il settore B si colloca sul fondo della Val Camonica, in un tratto il cui assetto morfologico è strettamente legato all'assetto geologico e strutturale ed all'influenza della presenza in passato del

ghiacciaio camuno e successiva azione delle acque incanalate del Fiume Oglio. Di fatto, all'altezza di Civate la valle presenta un profilo trasversale con fianchi ripidi, legati all'erosione glaciale. L'impronta glaciale è invece evidenziata, oltre che dal profilo dei solchi di esarazione glaciale, testimoniando il passaggio delle masse detritiche costituenti il till di ablazione, dalla presenza di dossi morenici localizzati anche poco più a monte dell'abitato di Breno.

È ovviamente importante sottolineare che i lineamenti di debolezza strutturale, che dislocano gli ammassi rocciosi, fratturandoli, accelerano il fenomeno della naturale degradazione. Un esempio dell'influenza che la tettonica esercita sulla morfologia, è rappresentato dall'idrografia dell'area: numerosi sono i torrenti che solcano alcune vallecole e che devono la loro origine alla presenza di trend di fratturazione. Sempre le stesse fratturazioni causano la formazione di canali lungo i versanti, ove sono convogliati i materiali provenienti dal disfacimento delle masse rocciose.

Idrogeologia

Dal punto di vista idrologico i massicci dolomitici che caratterizzano l'area non consentono lo sviluppo di estesi bacini, benché siano localmente presenti delle morfologie convergenti in grado di concentrare le acque superficiali. Nella media, nell'area A, i corsi d'acqua, o comunque gli impluvi presenti, sono effimeri e si attivano solo in concomitanza con eventi meteorologici violenti. Alcuni di questi impluvi terminano direttamente a lago, come nel caso della Valle Finale, alcuni (come ad esempio quelli a monte di loc. Vaccarezzo) sono "sospesi" e terminano sul versante stesso. In loc. Colombaro, a monte della galleria Grotta, è presente l'unica morfologia assimilabile a un bacino vero e proprio, limitato superiormente da pareti rocciose e con una morfologia evidentemente convergente.

L'area B si imposta in un ambiente di fondovalle caratterizzato dalla presenza di le vallecole che segnano i versanti ospitano numerosi corsi d'acqua alcuni dei quali generano apparati di conoidi allo sbocco sul fondovalle.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, la presenza di una circolazione idrica sotterranea all'interno degli ammassi è consentita dalla presenza di fratture persistenti e dalla stratificazione molto inclinata (fattori che costituiscono dei canali di infiltrazione preferenziale). Inoltre, è intuitivo che l'infiltrazione è determinata anche dalla presenza di acqua in superficie: è quindi evidente come, nelle zone di maggiore accumulo superficiale, sarà possibile avere una maggiore possibilità di infiltrazione, premesso che esistano dei canali per veicolare quest'acqua in profondità. In aggiunta, bisogna tenere presente che, vista la presenza diffusa di rocce calcareo-dolomitiche, sono possibili fenomeni di dissoluzione carsica che, sebbene non accentuati, possono essere importanti. Questi fenomeni si manifestano nella presenza di forme di dissoluzione (cavità e canali), che sono determinate dall'azione di alterazione chimica dell'acqua e che, a loro volta, possono diventare dei condotti di deflusso preferenziale (accentuando il fenomeno di dissoluzione).

Specularmente, è possibile osservare la presenza di forme concrezionali, generate dal deposito di carbonato di calcio dalle acque filtranti.

Al fine di individuare le aree potenzialmente soggette a venute idriche più o meno concentrate, è stata ottenuta una prima caratterizzazione degli ammassi rocciosi presenti in sito dal punto di vista della permeabilità, basata sui fattori principali sopradescritti: litologia, vicinanza a strutture tettoniche, presenza di aree di accumulo idrico superficiale.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, le diverse facies dei depositi neogenici-quadernari e le unità del substrato sono state suddivise in classi qualitative di permeabilità, basate essenzialmente su tessitura e granulometria per quanto riguarda i depositi, e sulla composizione per quanto riguarda le unità rocciose. I depositi sono stati suddivisi in tre classi di permeabilità, da alta a bassa, mentre per il substrato sono state individuate sempre tre classi, ma con permeabilità variabile fra media e molto bassa; ciò è stato fatto in modo tale da inserire, per i depositi, una classe con permeabilità che risultasse, relativamente, più elevata rispetto alla classe a permeabilità maggiore del substrato.

Considerando i depositi, sono stati inseriti nelle classi a permeabilità alta e media quelli con granulometrie ghiaiose-sabbiose o comunque con una buona percentuale di frazione grossolana, mentre sono stati classificati a permeabilità bassa tutti i depositi molto eterogenei e con importanti quantità di frazione fine. Le unità del substrato, invece, sono state suddivise sulla base della loro composizione, quindi della loro permeabilità primaria basata sui caratteri tessiturali della roccia, e su come questa renda possibile lo sviluppo di fenomeni carsici più o meno accentuati. Si riportano di seguito una tabella riassuntiva della suddivisione in classi sopradescritta per le due aree.

CLASSI DI PERMEABILITA'				
	ALTA	MEDIA	BASSA	BASSISSIMA
DEPOSITI	Deposito di versante Deposito di frana Deposito di frana a blocchi prevalenti Deposito alluvionale a ghiaie prevalenti Detrito di falda	Deposito di origine mista Deposito di contatto glaciale Deposito deltizio	Till indifferenziato Till di Alloggiamento Deposito lacustre Deposito colluviale	
SUBSTRATO		Formazione dell'Albenza Calcere di Sedrina Calcere di Zorzino Carniola di Bovegno (gessi e anidriti) Dolomia Principale Dolomie Zonate Calcere di Esino Calcere di Moltrasio	Calcere di Angolo Carniola di Bovegno Formazione di Castro Sebino Formazione di Gorno Arenaria di Val Sabbia Formazione di San Giovanni Bianco Formazione di Wengen Calcere di Zu	Argillite di Riva di Solt Formazione di Buchenstein Calcere di Prezzo Servino

CLASSI DI PERMEABILITA'				
	ALTA	MEDIA	BASSA	BASSISSIMA
DEPOSITI	Deposito di versante Deposito di frana Deposito alluvionale a ghiaie prevalenti	Deposito di debris flow Deposito di contatto glaciale	Till indifferenziato	
SUBSTRATO		Formazione di Breno Calcere di Esino	Calcere di Angolo Calcere di Camorelli Formazione di San Giovanni Bianco Formazione di Wengen	Filoni intermedi e basici Formazione di Buchenstein Calcere di Prezzo

Tabella 1 Classificazioni di permeabilità unità area A e B

Per quanto riguarda il secondo fattore, relativo alla presenza o meno di importanti strutture tettoniche (faglie), sono state considerate come soggette a potenziale elevata permeabilità per fratturazione intensa tutte le aree circostanti tali strutture, precisamente l'intorno di raggio di circa 50 m. È infatti intuitivo che, in coincidenza di zone molto fratturate, tutte le rocce acquisiscano una permeabilità secondaria per fratturazione che può determinare la presenza di circolazione idrica anche in rocce all'apparenza "impermeabili".

Infine, l'ultimo aspetto considerato riguarda la presenza di zone accumulo idrico in superficie, come i piccoli torrenti e gli impluvi che solcano i versanti, che sono di fatto in grado di concentrare il flusso idrico in zone ristrette da cui si possono innescare processi di infiltrazione all'interno del substrato e/o dei depositi.

In questo senso, le zone dove è attesa una maggiore circolazione sotterranea sono quelle dove si hanno numerose fratture persistenti e litologie maggiormente permeabili, in particolare se presente un flusso idrico superficiale; chiaramente, la sovrapposizione di più fattori aumenta notevolmente la possibilità di sviluppo della circolazione.

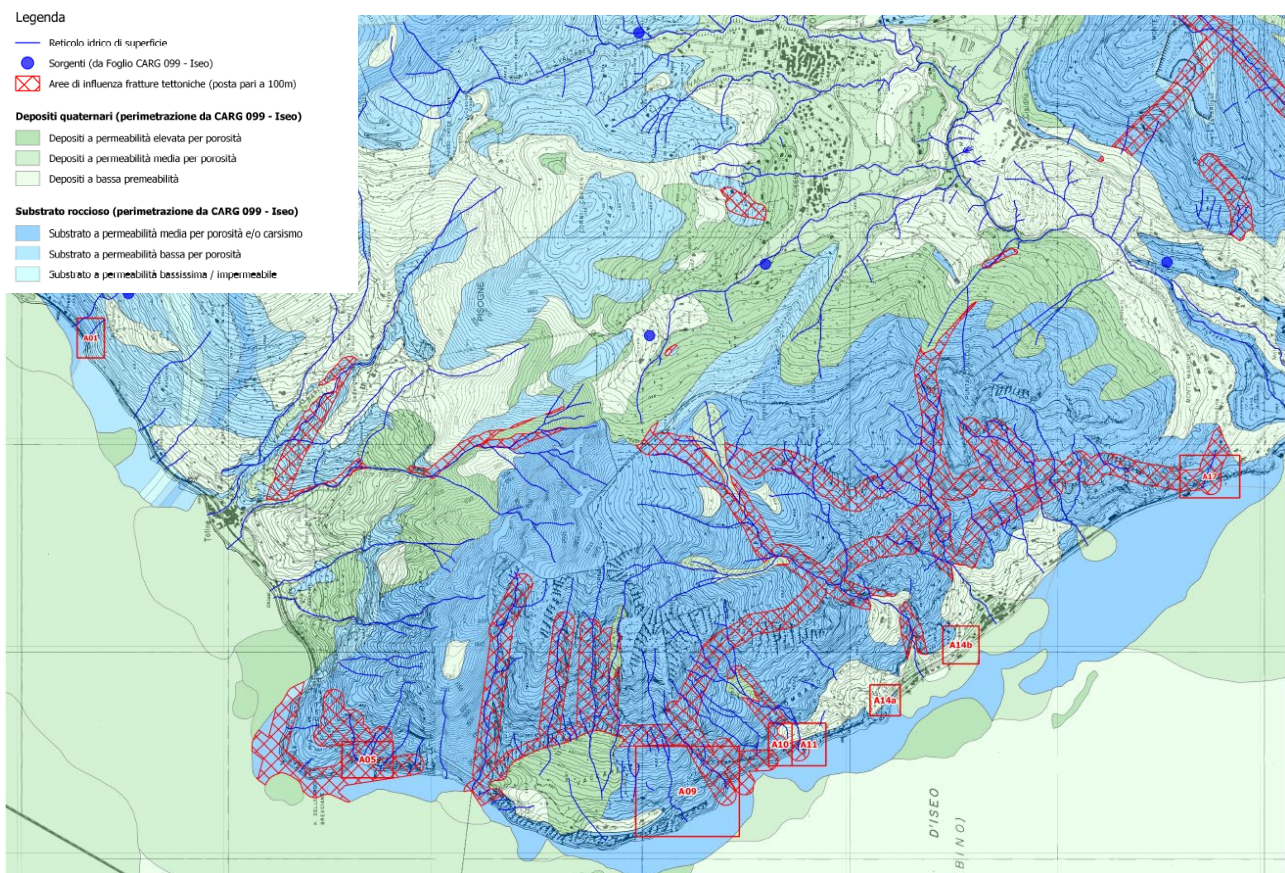


Figura 5 Carta Idrogeologica area A tratta Marone - Pisogne

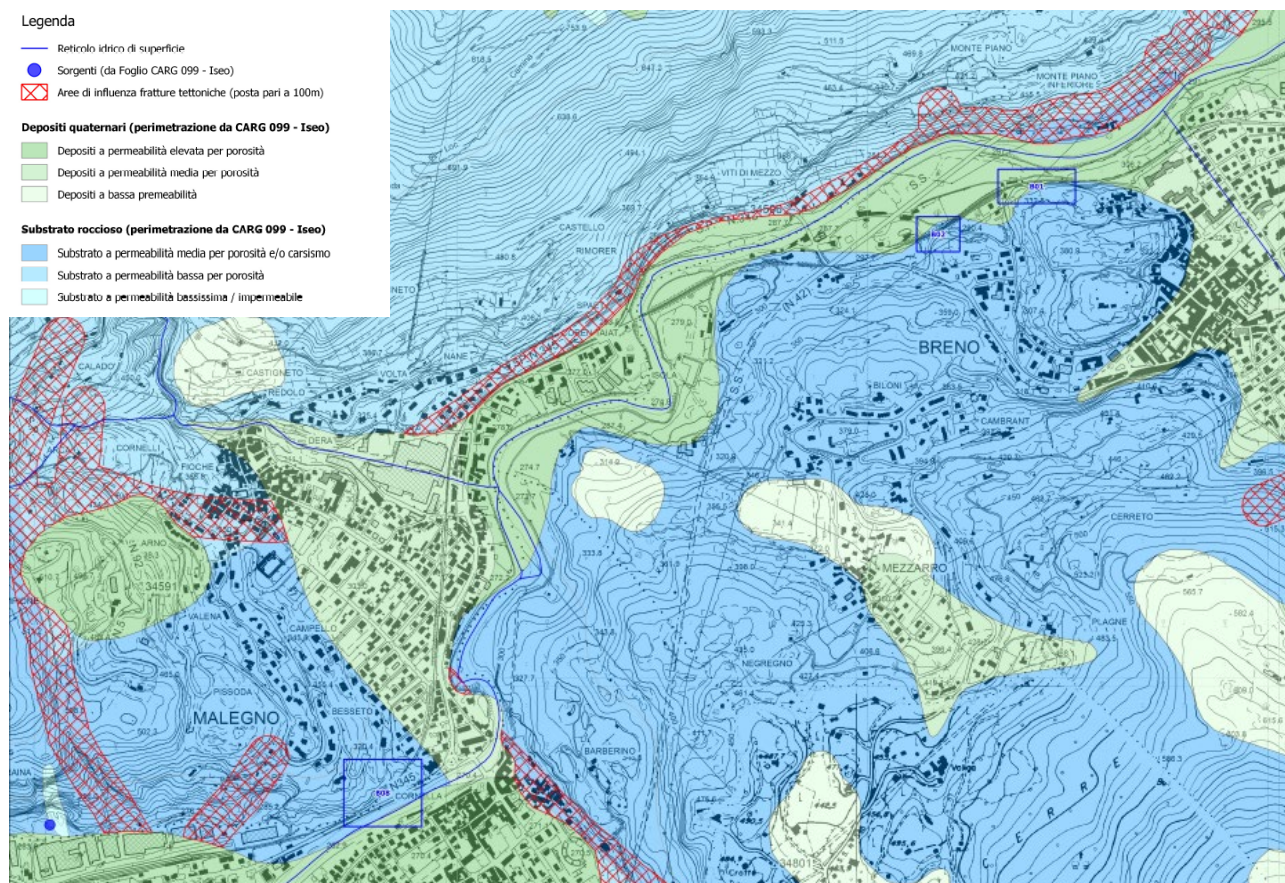


Figura 6 Carta Idrogeologica area B tratta Cividate - Breno

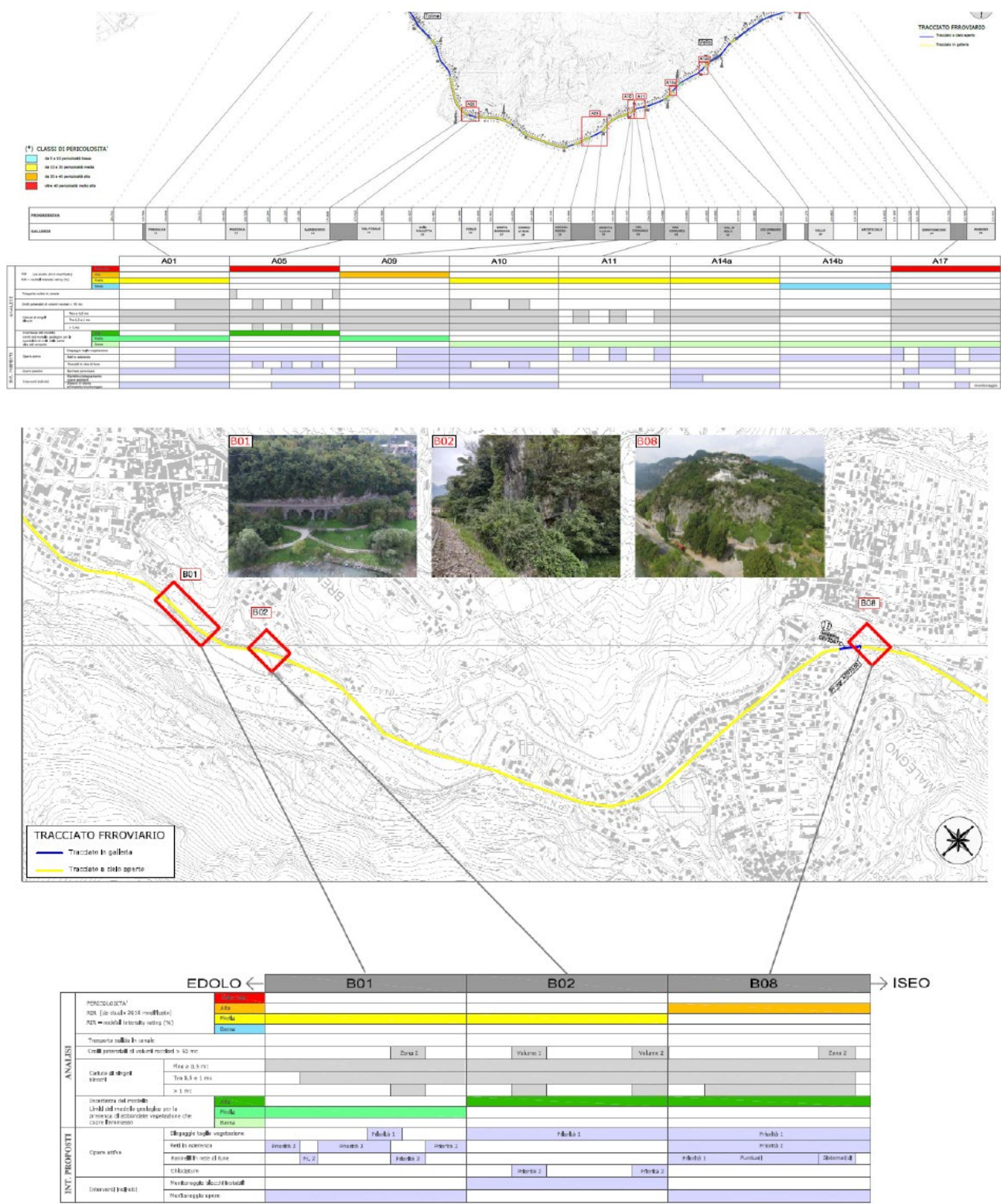
3.2 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Le osservazioni e le valutazioni derivanti dagli studi specifici effettuati nelle singole aree hanno evidenziato la presenza di pareti rocciose sovrastanti la linea ferroviaria, in cui in alcune situazioni detti versanti, spesso sub-verticali o di elevata acclività, si estendono fino a 80-100 metri al di sopra della sede dei binari.

La metodologia di analisi di pericolosità effettuata in fase preliminare si basa sull'assegnazione a matrice di punteggi a diversi fattori geologici e morfologici caratteristici del sito indagato. Tali fattori, noti anche come rockfall intensity indicator hanno diversa importanza che viene marcata dall'assegnazione di un "peso" variabile da 1=debole a 4=forte.

Si tratta quindi per ogni indicatore, di definire se questo è presente o meno, assegnando "1" quando è attivo e "0" quando è inattivo. La somma di tutti questi punteggi, in relazione al peso del fattore, compone l'indice RIR del sito. Alcuni fattori inoltre sono stati presi in considerazione con maggior attenzione poiché se presenti contemporaneamente, possono creare situazioni di forte criticità. Tali fattori sono indicati nella tabella di seguito riportata con * e la loro presenza porta a moltiplicare per un fattore pari ad 1,25 il valore del RIR preliminare, ottenendo quindi un valore di

RIR finale che viene poi espresso in percentuale sul valore massimo ottenibile se tutti gli indicatori fossero attivi (RIR%).



In alcune aree omogenee prese in considerazione sono presenti anche delle opere di difesa di cui si è voluto tenere conto nell'analisi della pericolosità. In questo caso viene attribuito un indice di efficacia dell'opera di protezione (Protection Measures Rating=PMR) a cui si assegna un diverso peso in relazione all'importanza dell'intervento.

Inoltre, i dati raccolti nel corso dei sopralluoghi e le elaborazioni effettuate hanno consentito di ricavare un quadro generale della situazione che è stato riassunto nella tavola di Sintesi complessiva.

Le principali modalità di dissesto possono essere riassunte nei seguenti cinematismi:

- a) scivolamento su un piano;
- b) scivolamento di un cuneo;
- c) ribaltamento.

Ovvero:

- a) Uno scivolamento su un piano sotto l'azione della sola forza di gravità è possibile solo quando il blocco poggia su un piano di discontinuità inclinato che “viene a giorno” lungo il pendio (Figura 8). Le condizioni di cedimento possono restare latenti finché scavi o cedimenti rimuovono l'ostacolo alla traslazione. In movimenti come quello mostrato in Figura 8, la resistenza al movimento deve essere superata non solo lungo la superficie di base, ma anche lungo i margini laterali del blocco. In rocce tenere, come argilliti, se la base di scivolamento è considerevolmente più inclinata dell'angolo di attrito sulla superficie stessa, la resistenza ai lati può essere superata per rottura della roccia. Invece in rocce resistenti lo scivolamento secondo un piano si può realizzare solo se ci sono altre discontinuità o, nel caso di pendii naturali, valli trasversali che liberano lateralmente i blocchi.
- b) Cunei di scivolamento sono individuati quando due piani di debolezza si intersecano verso il basso delimitando con la superficie del pendio un blocco tetraedrico (Figura 8b).
- c) Lo scivolamento può avvenire senza altri vincoli topografici o strutturali se la linea di intersezione delle due discontinuità “viene a giorno” sul pendio. È questa una modalità di cedimento in roccia molto comune ed insidiosa. Il cedimento per ribaltamento che allo stato attuale dei luoghi sembrerebbe il meno frequente (Figura 8c) implica la rotazione di rocce stratificate, come scisti o sedimenti, sottilmente stratificati e fortemente inclinati a reggipoggio. In questo tipo di cedimento gli strati tendono a curvarsi verso il basso sotto al proprio peso. Se è presente un sistema di giunti incrociati, i livelli possono rovesciarsi come rigide colonne piuttosto che avere un cedimento flessurale. In questo tipo di cedimento, il collasso del pendio è accompagnato da scivolamenti strato su strato coerenti con il piegamento (Figura 8c). Sono possibili modi più complessi di cedimento in rocce stratificate

e con complessi sistemi di giunti, in cui scivolamento su piani o secondo cunei e ribaltamenti avvengono simultaneamente o successivamente.

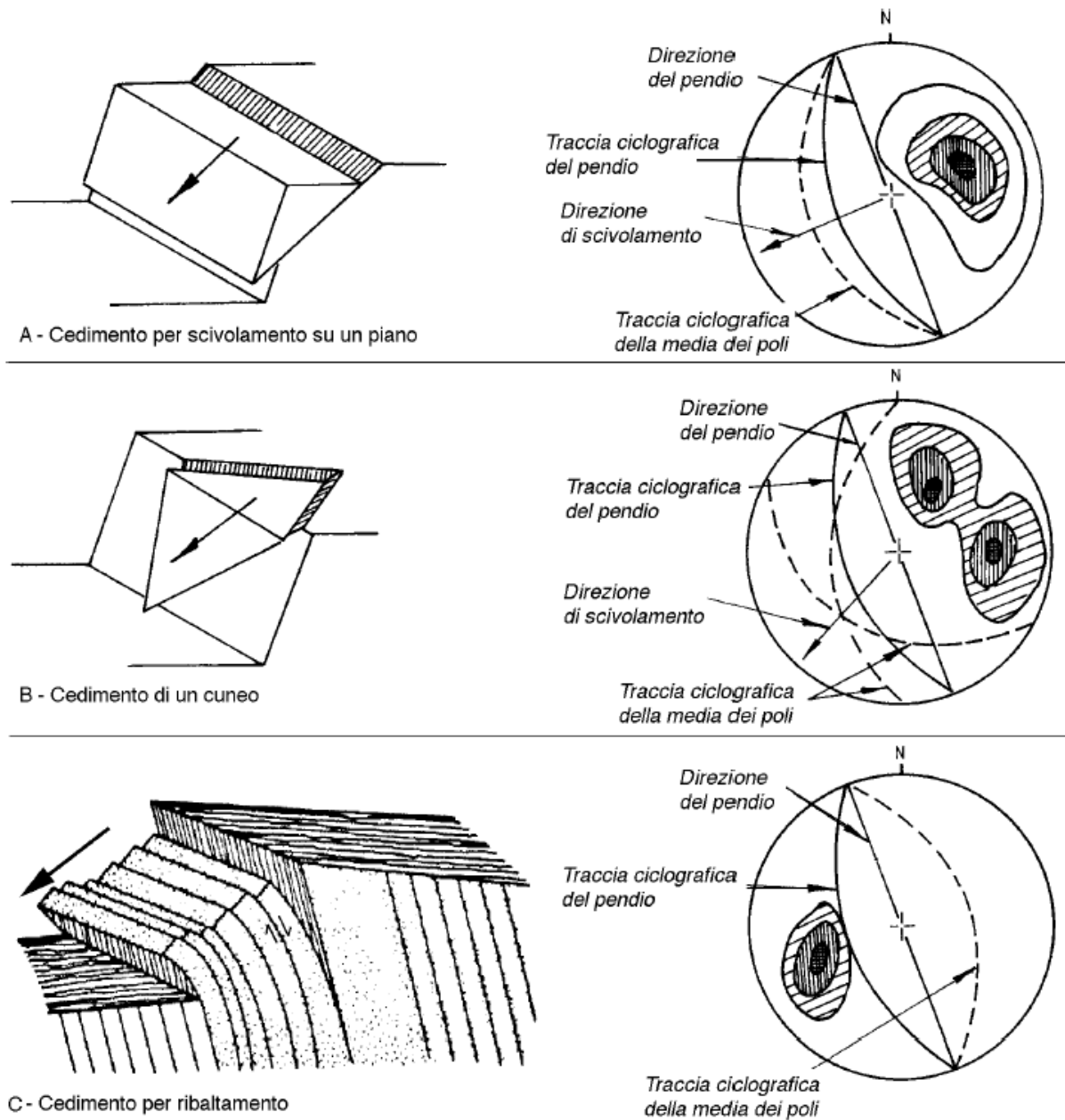


Figura 8 Tipologie di cedimenti in roccia e proiezioni stereografiche delle condizioni strutturali che danno luogo a tali cedimenti (sfera di proiezione inferiore)

3.3 RILIEVI GEOSTRUTTURALI E INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini sono state effettuate sulla base delle indicazioni individuate nella Relazione tecnica preliminare ed hanno interessato la totalità delle aree di intervento della zona A e B

Rilievi Geologico strutturali

La caratterizzazione tecnica degli ammassi rocciosi è stata eseguita in sito attraverso l'esecuzione di alcuni profili di scansione e rilievo geomeccanico lungo superfici di affioramento in parete rocciosa. Tale operazione ha consentito di ricavare in primo luogo l'assetto geometrico dell'ammasso, la presenza di fratturazioni e la loro orientazione nello spazio. Sono inoltre stati esaminati alcuni requisiti relativi alle condizioni delle superfici dei giunti di fratturazione lungo i quali avviene il movimento dei blocchi, con particolare riferimento all'alterazione delle superfici, alla presenza di riempimenti, che possano agire o meno a favore della resistenza allo svincolo dei blocchi e alla determinata della rugosità di dette superfici. Ogni rilievo ha previsto la raccolta delle seguenti informazioni (secondo le norme ISRM, 1981):

1. **numero di famiglie di discontinuità:** le fessurazioni che interessano gli ammassi sono correlabili a sistemi di fratturazione di carattere regionale e/o locale e sono pertanto ben distinguibili lungo le superfici di affioramento. Ogni famiglia riconosciuta è stata contraddistinta da una sigla Kn; nelle proiezioni sono stati utilizzati colori diversi.
2. **giacitura:** rappresenta l'orientazione nello spazio della frattura, definibile come immersione rispetto al nord geografico (azimut) e pendenza sull'orizzontale (inclinazione);
3. **spaziatura:** è la distanza misurata tra due fessure appartenenti alla stessa famiglia. Si adotta generalmente un valore modale della spaziatura dal momento che spesso, a seconda delle porzioni di affioramento, la spaziatura può variare da qualche centimetro sino a qualche metro. Tale parametro è di fondamentale importanza per la definizione dei massimi volumi mobilitabili dalle pareti rocciose ed è un parametro richiesto dalle più usate classificazioni geomeccaniche per la definizione della classe di qualità dell'ammasso roccioso;
4. **persistenza della discontinuità:** rappresenta il valore dell'estensione areale del piano di discontinuità individuato. Anche in questo caso, poiché spesso di difficile determinazione se non si ha la possibilità di prendere visione dello spaccato lungo almeno due lati perpendicolari tra loro, si definisce un valore modale di tale parametro, perlopiù determinato dalla lunghezza della discontinuità lungo la superficie di affioramento.
5. **condizioni geometriche della superficie di discontinuità:** ci si riferisce in questo caso alla forma generale della superficie (planare, ondulata, rugosa) e alla microrugosità presente sulla stessa (liscia, rugosa, seghettata). Tale parametro è indicato qualitativamente nelle schede di rilievo geomeccanico ma viene rilevato attraverso l'utilizzo del pettine di Barton, confrontando la traccia del profilo della discontinuità ottenuta con i profili standard proposti da Barton e Choubey (1977);
6. **apertura della discontinuità:** misura della distanza tra le due pareti delimitanti l'apertura (viene generalmente indicata in millimetri);
7. **riempimento:** viene indicata con questo parametro la natura litologica del riempimento della discontinuità (quando presente). Il riempimento può essere di natura minerale (quarzo,

calcite), può essere terreno (coesivo o non coesivo). La presenza di riempimento e la natura dello stesso determina la resistenza al taglio lungo la superficie di discontinuità;

8. **condizioni idrauliche:** viene analizzata la presenza di circolazione idrica all'interno delle superfici di discontinuità dell'ammasso, con definizione della tipologia di venuta d'acqua, dalla semplice umidità, allo stillicidio sino al vero e proprio flusso continuo con misurazione della portata;
9. **dimensione dei blocchi:** rappresenta un importante indice dei volumi potenzialmente mobilizzabili dalle pareti (distinto in volume minimo, medio e massimo). Oltre alla dimensione si forniscono indicazioni anche in merito alla forma dei blocchi (parametro importante al fine della valutazione del cinematisma di caduta e della possibile disgregazione dei blocchi all'impatto con riduzione a volumi minori): massicci o frammentati, cubici, tetraedrici, parallelepipedo, sferici, cilindro, irregolari.

Sondaggi e perforazioni

Lungo il tratto di ferrovia considerato, sono stati eseguiti in parete sondaggi a distruzione, associati ad altri sondaggi a carotaggio continuo ubicati in prossimità di quelli a distruzione. Tutte le perforazioni sono state eseguite lungo pareti affioranti immediatamente a valle della ferrovia; non è stato possibile, invece, eseguire perforazioni nelle pareti affioranti lungo i binari, chiaramente per motivi logistici legati principalmente all'ingombro della sonda e all'impossibilità di interrompere il transito ferroviario per periodi prolungati.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati spinti fino alla profondità di 2 m all'interno della parete, permettendo l'estrazione di una carota utilizzata per la realizzazione di campioni per indagini di laboratorio e per la definizione dell'indice RQD. Le perforazioni a distruzione, invece, hanno raggiunto tutte la profondità di 10 m all'interno della parete e hanno consentito l'ispezione tramite videocamera del foro realizzato, per l'individuazione di eventuali zone intensamente fratturate all'interno dell'ammasso roccioso affiorante e per la definizione dell'indice RQD su una lunghezza maggiore.

Sintesi delle indagini di laboratorio

Le prove di laboratorio hanno avuto come finalità quella di ottenere una corretta parametrizzazione delle caratteristiche delle rocce che saranno interessate dai maggiori interventi.

Le indagini di laboratorio sono state realizzate su campioni prelevate tramite i sondaggi a carotaggio effettuati; non sono pertanto disponibili per tutte le aree, come riportato nella tabella consultabile al capitolo precedente. I campioni raccolti hanno permesso di realizzare prove di diversa tipologia, precisamente sono state realizzate:

- Tilt test, per la definizione dell'angolo d'attrito del materiale roccia

- Point Load, per la definizione di σ_c
- Prova brasiliana, per la definizione di σ_t
- Prove di compressione monoassiale, per la definizione di σ_c

I risultati ottenuti sono stati quindi rielaborati in modo tale da fornire un'indicazione statistica dei valori più frequenti di angolo di attrito, σ_c e σ_t per i materiali indagati. Tali valori sono stati quindi considerati caratteristici delle formazioni affioranti, estesi pertanto anche alle zone dove non sono disponibili indagini di laboratorio.

3.4 CARATTERI GEOTECNICI GENERALI

La caratterizzazione geotecnica e geomeccanica fa seguito all'elaborazione dei dati derivanti dai rilievi geotecnici e dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni derivanti dai sondaggi geognostici; di seguito si riporta schematicamente una tabella riassuntiva dei parametri geotecnici ricavati per le due aree:

Area	RMR corretto	Descrizione ammasso roccioso	Modulo di deformazione (GPa)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)
A01	50.80	Mediocre	1.60	254.00	30.40
A05	65.00	Buono	30.00	325.00	37.50
A07	65.00	Buono	30.00	325.00	37.50
A09	69.99	Buono	39.98	349.95	40.00
A10-A11	64.74	Buono	29.48	323.70	37.37
A14a	67.24	Buono	34.48	336.20	38.62
A14b	66.04	Buono	32.02	330.20	38.02
A17	47.12	Mediocre	8.24	270.60	32.06

Area	RMR corretto	Descrizione ammasso roccioso	Modulo di deformazione (GPa)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)
B01	64.08	Buono	28.16	320.40	30.63
B02	66.66	Buono	33.32	333.30	38.33
B08	64.98	Buono	29.96	324.90	37.49

Tabella 2 Sintesi parametri geotecnici caratterizzanti le singole aree di intervento

4. DEFINIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

4.1 METODOLOGIA ADOTTATA

Le scelte progettuali adottate perseguono l'obiettivo di mitigare il rischio per fenomeni di dissesto idrogeologico sulla linea ferroviaria FERROVIENORD Brescia - Iseo – Edolo.

La progettazione esecutiva delle suddette opere è volta esclusivamente alla mitigazione delle condizioni di pericolosità dalle aree in sede di studi preliminari, tali valutazioni fanno seguito alle indagini geologiche, geotecniche e geognostiche eseguite nelle diverse aree.

Le soluzioni individuate sono rappresentate da opere di tipo attivo, quali reti in aderenza, e di tipo passivo, distinte in due tipologie: barriere paramassi e barriere di protezione da colate detritiche posizionate alla base dei canali prospicienti la linea ferroviaria.

Le barriere paramassi fanno seguito ai risultati delle analisi di caduta massi effettuate lungo una sezione ritenuta la maggiormente rappresentativa e riportata successivamente negli altri casi, al fine di valutare con quali potenzialità le infrastrutture sono interessate dall'espandimento delle traiettorie di caduta e ponendo così rimedio mediante la posa in opera di strutture di protezione passiva.

4.2 SCELTE PROGETTUALI

Le soluzioni individuate, brevemente descritte al paragrafo precedente, hanno fatto seguito ad uno studio approfondito di quanto ipotizzato da Land & Cogeo s.r.l. in fase preliminare a seguito degli studi e delle indagini geologiche l.s. eseguite in sito. Generalmente, in occasione del presente progetto esecutivo, sono state sviluppate delle soluzioni progettuali molto simili a quanto proposto preliminarmente.

Relativamente alle **barriere paramassi**, presenti esclusivamente nella tratta Marone-Pisogne, nelle aree A01, A05, A09, A10, A14 e A17, si rappresenta che la collocazione delle stesse è rimasta invariata rispetto alle alternative proposte, ad eccezione dell'area A01. In questo settore, si è ritenuto opportuno cassare la barriera paramassi ubicata più a monte, in quanto sulla base della morfologia presente in sito, caratterizzata dall'assenza di falesie significative da cui potrebbero provenire distacchi di blocchi lapidei, nonché in funzione dell'importante vegetazione presente in sito, elemento naturale che predispone l'arresto o la diminuzione delle velocità dei blocchi in caduta, non si è ritenuta necessaria la progettazione di un'ulteriore barriera paramassi. Inoltre, si rappresenta che relativamente alla barriera presente a valle, data la sua collocazione, le sue dimensioni e le caratteristiche funzionali, quest'ultima è idonea a proteggere adeguatamente gli elementi vulnerabili a valle della stessa. Si precisa che nella sola zona A07 all'uso delle classiche barriere paramassi subverticali si è preferito l'uso di una barriera sub orizzontale sulla base della morfologia presente in sito, caratterizzata dall'assenza di falesie significative da cui potrebbero provenire distacchi di blocchi lapidei, nonché in funzione dell'importante vegetazione presente in sito, elemento naturale

che predispone l'arresto o la diminuzione delle velocità dei blocchi in caduta, si è quindi ritenuta necessaria la progettazione di una barriera paramassi. Data la sua collocazione, le sue dimensioni e le caratteristiche funzionali, quest'ultima è idonea a proteggere adeguatamente gli elementi vulnerabili a valle della stessa.

Per quanto riguarda le **barriere anti colata detritica**, presenti esclusivamente nelle aree A05 e A17, si rappresenta che quest'ultime devono essere collocate alla base dei canaloni incombenti sulla tratta ferroviaria in oggetto. In fase preliminare era stato proposto di inserire in ogni canale una serie di barriere di questo tipo (almeno 2-3 per ciascun canale): poiché le lavorazioni si sarebbero dovute effettuare in ambiti difficilmente accessibili via via a quote maggiori, si è ritenuto più adeguato prevedere un'unica barriera alla base dei suddetti canaloni con caratteristiche prestazionali migliori, in modo tale da ridurre le lavorazioni in ambienti complessi e garantire il medesimo grado di sicurezza.

Relativamente alle **reti in aderenza**, si è ritenuto più cautelativo prevedere esclusivamente l'utilizzo di pannelli in rete di fune, i quali rispetto alle reti semplici armate, proposte per alcune aree, sono sicuramente più prestanti data la presenza di una maglia di ancoraggi che permette di rendere solidali intere falesie.

Nell'area B02, in fase preliminare, era stato proposto l'utilizzo di **chiodi e tiranti**, corredati da un sistema di monitoraggio, per stabilizzare le colonne instabili di grandi dimensioni presenti in sito. Nel progetto esecutivo si è optato per la realizzazione di una rete in aderenza di dimensioni adeguate, che possa essere ancorata al materiale stabile circostante. Non si rileva pertanto alcuna criticità. Ma vi è di più, la funzione degli ancoraggi della rete in aderenza non è quella di "inchiodare" i blocchi instabili, ma di rendere solidale l'intera area. L'eventuale movimento dei blocchi non potrà avvenire in quanto questi ultimi risultano essere correttamente bloccati globalmente dalla rete. Proponendo questa soluzione, non si è ritenuta quindi necessaria la predisposizione di un sistema di monitoraggio in quanto, se la posa delle reti sarà corretta, non si riscontreranno movimenti dell'ammasso roccioso sottostante.

Infine, si evidenzia che sono stati cassati i **contrafforti in calcestruzzo**, previsti nell'area A01 e B08, in quanto la loro realizzazione prevede la presenza di un piano di fondazione stabile, il che non può risultare presente se si ritiene possibile un meccanismo globale dell'ammasso roccioso. I pannelli in rete di fune (o reti in aderenza), previsti in alternativa, permettono di rendere solidale l'intero ammasso roccioso, pertanto eventuali movimenti dello stesso verrebbero bloccati in posto, senza possibilità di sviluppo.

4.3 FASI DI LAVORAZIONI PREVISTE

Per gli interventi sulla linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo sono previste le seguenti attività:

1. Taglio della vegetazione e disgaggio di eventuali blocchi instabili ove possibile.
2. Installazione di barriere paramassi per colate detritiche e blocchi per intercettare il materiale distaccatosi dal versante che costeggia i binari;
3. Installazione di reti in aderenza per impedire il distacco di blocchi instabili;

Le attività previste sono:

- Taglio della vegetazione;
- Ispezione e individuazione di blocchi instabili;
- Disgaggio dei blocchi instabili;
- Realizzazione degli ancoraggi delle barriere paramassi;
- Installazione delle barriere paramassi;
- Posa delle reti in aderenza con esecuzione degli ancoraggi flessibili e piastra di ripartizione.

Opere attive

Le opere attive sono interventi diretti, eseguite nelle zone di potenziale crollo e pertanto nelle pareti rocciose principali direttamente aggettanti sui binari. L'estensione delle aree individuate per questa tipologia di opera, unitamente alle valutazioni delle caratteristiche di fratturazione della roccia hanno determinato l'individuazione di una tipologia di pannelli in rete di fune e chiodature che, nel caso in esame, adotta una rete in filo di acciaio temprato ad alta resistenza e ancoraggi in barra con relative piastre di ripartizione.

La disposizione degli ancoraggi deve seguire tendenzialmente lo schema rappresentato in figura 9, ma la scelta della tipologia di rete, di fatto senza soluzione di continuità per quanto attiene alla resistenza a trazione, permette una certa variabilità nella collocazione degli ancoraggi. Pertanto gli ancoraggi saranno di preferenza realizzati nelle concavità naturali della parete per favorire maggiore aderenza e, quindi, un maggiore contributo attivo.

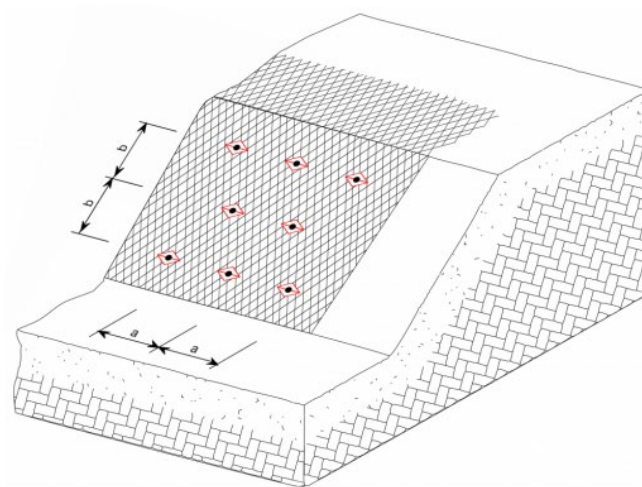


Figura 9 schema disposizione degli ancoraggi nelle reti in aderenza

La frequenza degli ancoraggi in abbinamento alla rete ad alta resistenza, tiene già conto della maggiore incidenza degli ancoraggi perimetrali, ma potrebbe variare in funzione di eventuali condizioni locali riscontrate all'atto dell'avvio dell'intervento stesso. Devono comunque essere garantite le condizioni di stabilità:

- tra i singoli ordini di chiodi (instabilità locale)
- dell'intero strato ritenuto instabile (instabilità globale nell'accezione del pendio indefinito).

Il sistema proposto è quindi in grado di mettere in sicurezza la porzione di versante interessata dal sistema franoso nel rispetto dei fattori di sicurezza previsti dall'Eurocodice. È chiaro che il risultato ottenuto in termini di sicurezza e di stabilità del fronte dipende strettamente dalla tecnologia scelta, in particolare dalle possibilità della rete di essere messa in tensione e quindi di trasmettere un'azione stabilizzante al terreno. Altri tipi di intervento difficilmente possono essere altrettanto efficaci, soprattutto a parità di densità di ancoraggi.

Per le aree in esame sono stati individuati due tipologie di ancoraggi di 28 mm di diametro, una lunghezza di 4 m e due interdistanze differenti, come riportato nella seguente tabella.

Tipologia di rete	Tipologia ancoraggi	Interasse H ancoraggi	Interasse V ancoraggi	Lunghezza ancoraggi	Tipologia materiale
	[m]	[m]	[m]	[m]	

Tratta Marone – Pisogne: Aree A01 – A05

Tipo TECCO®	Tipo Gewi 28 mm	3.00	3.00	4.0	Roccia fratturata
-------------	-----------------	------	------	-----	-------------------

Tratta Marone – Pisogne: Aree A09 – A10 – A11 – A14 – A17

Tratta Civate – Breno: Aree B01 – B02 – B08

Tipo TECCO®	Tipo Gewi 28 mm	2.80	2.80	4.0	Roccia fratturata
-------------	-----------------	------	------	-----	-------------------

Tabella 3 Riepilogo caratteristiche degli ancoraggi nel sistema di reti in aderenza

Si rappresenta che il numero di ancoraggi di ogni singola rete è stato definito preliminarmente in base all'estensione areale del singolo intervento ed alla sua geometria (regolare o irregolare), applicando poi adeguati fattori correttivi (acclività, morfologia e stato dell'ammasso roccioso), che concorrono ad una migliore contestualizzazione dell'intervento. Tale metodologia analitica trova riscontro in precedenti autori, nonché nelle valutazioni proprie della scrivente, dettate da studi ed esperienze realizzati in precedenza.

Opere passive

Le opere passive individuate sono barriere paramassi di tipo elastoplastico ad elevato assorbimento di energia e sono state dimensionate in base alle verifiche specifiche di caduta massi necessarie alla determinazione di energia e altezza di rimbalzo. Si ritiene comunque che le energie di assorbimento debbano essere indicativamente maggiori di 2.000 KJ con altezze maggiori di 5 m. Per quanto riguarda gli impluvi, dove si concentrano le principali direttrici di caduta dei singoli massi nonché potenziali colamenti di materiale detritico, sono state individuate barriere per colate detritiche installate alla base dei canali prospicienti la ferrovia.

Barriere paramassi

Alla luce dalle nuove Norme Tecniche, sono state verificate le sezioni di acciaio e le lunghezze di ancoraggio del sistema di fondazioni della barriera paramassi per la trattenuta di energie fino a 2000 kJ e con una altezza utile pari a 5,0 m, certificate secondo le norme di prodotto vigenti a livello europeo (intra CEE) e italiano.

La scelta delle barriere suddette è motivata dal fatto che esse godono della marcatura CE e relativo ETA e rappresentano come tali lo stato dell'arte della qualità nell'ambito della protezione di uomini e cose.

Il calcolo è stato svolto avendo come dati i valori delle azioni scaricate dalla struttura alle fondazioni per la prova al "MEL" secondo le EOTA ETAG 027, (EAD 340059-00-0106 sostituisce ETAG 027 "Kit di protezione caduta massi", edizione aprile 2013), nonché le caratteristiche dei terreni presenti in sito. Di seguito si illustra il riassunto dei risultati:

Descrizione	Tipologia ancoraggio	Lunghezza [m]
Ancoraggio laterale	Tipo GA – 7016 / 250	5,00
Ancoraggio monte		5,00
Ancoraggi di fondazione	Tipo GEWI 28 mm	3,00

Tabella 4 Tipologia di ancoraggi individuati per le barriere paramassi

Ancoraggi per controventi di monte
tipo GA – 7016 / 250

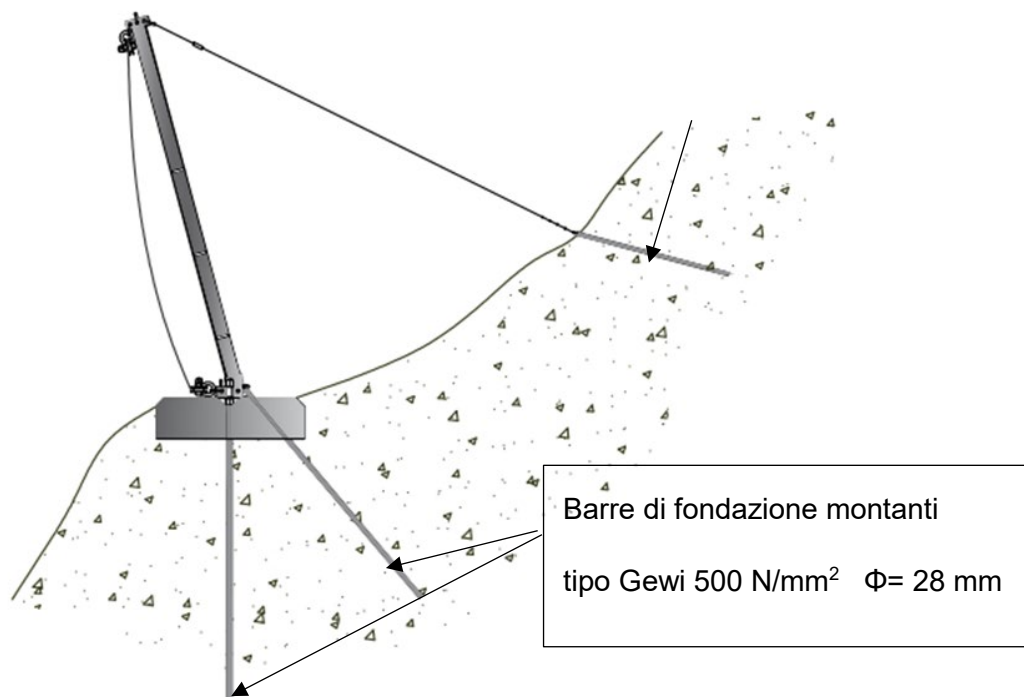
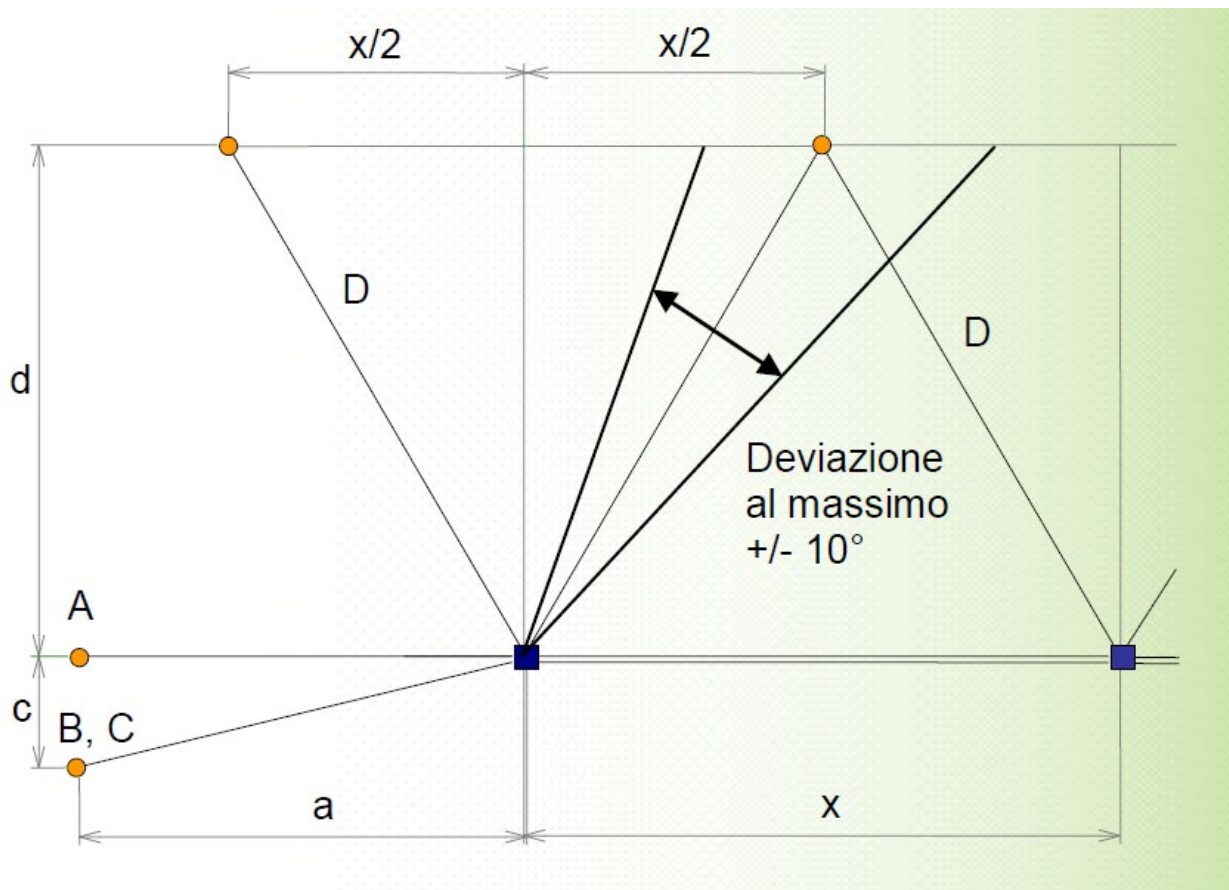


Figura 10 Sezione barriera paramassi ed ancoraggi

Di seguito si riporta lo schema relativo alla collocazione degli ancoraggi. Come osservabile, per le barriere caratterizzate da un'altezza pari a 5 m, **la distanza degli ancoraggi di monte dalla barriera (d) è pari a 8,5 m, mentre la distanza degli ancoraggi laterali dalla barriera (a) è pari a 7,5 m.**



Dove: h = altezza della barriera

X = interasse fra montanti

A = fune di supporto superiore

B = fune di supporto inferiore

C = fune di ancoraggio laterale

D = fune di controvento

h	a	c	d	e
3,00	4,50	1,00	5,10	1,50
4,00	6,00	1,30	6,80	2,00
5,00	7,50	1,65	8,50	2,50

Per quanto riguarda le barriere dalla zona A07 essendo queste diverse nel posizionamento sono state necessarie soluzioni progettuali diverse.

Nell'immagine seguente (Figura3) sono indicate le barriere in progetto con la rispettiva sigla (B1, B2, B3) e le sezioni di calcolo introdotte per le verifiche delle barriere stesse:

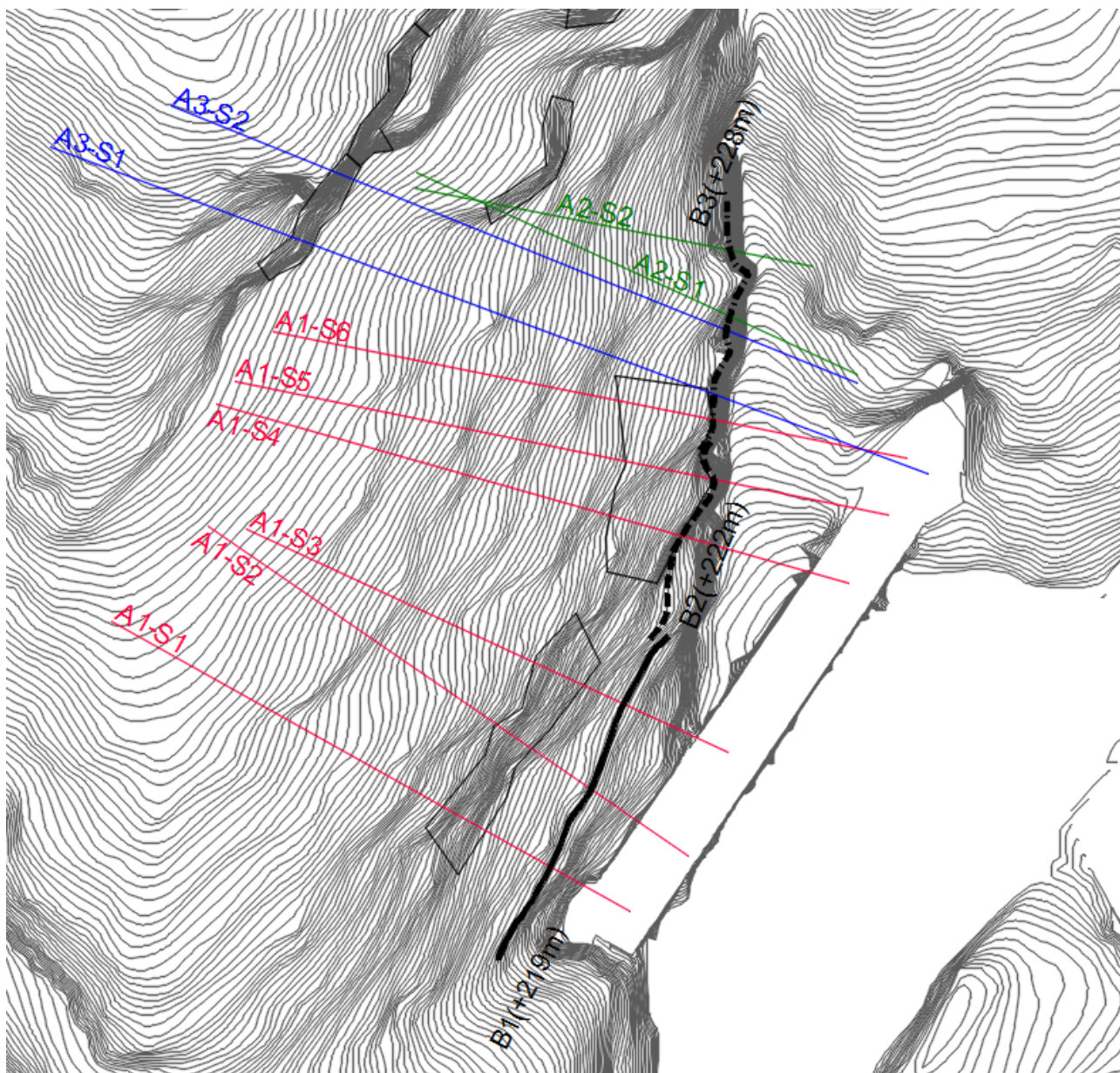


Figura 3 - Definizione delle barriere e delle sezioni di calcolo

Di seguito vengono riportate le caratteristiche delle opere progettuali precedentemente introdotte. Per tutto quanto non espressamente descritto in questo Capitolo si rimanda all'elaborato grafico relativo (B30Ec719OS—R0):

Opera passiva	Caratteristiche	Monitoraggio
Barriera paramassi B1 (Quota: +219m)	R(MEL) = 3000kJ R(SEL) 1000kJ	SI

	<p>Altezza = 6.0m</p> <p>Sviluppo in pianta = 18.0m</p> <p>Inclinazione = 70°</p>	
<p>Barriera paramassi B2</p> <p>(Quota: +222m)</p>	<p>R(MEL) = 3000kJ</p> <p>R(SEL) 1000kJ</p> <p>Altezza = 6.0m</p> <p>Sviluppo in pianta = 11.8m</p> <p>Inclinazione = 70°</p>	SI
<p>Barriera paramassi B3</p> <p>(Quota: +228m)</p>	<p>R(MEL) = 3000kJ</p> <p>R(SEL) 1000kJ</p> <p>Altezza = 6.0m</p> <p>Sviluppo in pianta = 14.9m</p> <p>Inclinazione = 70°</p>	SI
Montanti tipici	Interasse <=12m	-
Ancoraggi flessibili di monte	<p>Lunghezza = 4.00m</p> <p>Diametro bulbo = 90mm</p> <p>Fune = GA-7016/300</p>	-
Ancoraggi flessibili laterali	<p>Lunghezza = 4.00m</p> <p>Diametro bulbo = 90mm</p> <p>Fune = GA-7016/300</p>	-
Ancoraggi in barra (fondazione)	<p>Lunghezza = 2.0m</p> <p>Diametro bulbo = 50mm</p>	-

	Diametro barra = 32mm	
--	-----------------------	--

Tabella 6-1 - Caratteristiche delle barriere paramassi in progetto

Di seguito si illustra la sintesi delle caratteristiche degli ancoraggi:

Descrizione	Tipologia ancoraggio	Lunghezza [m]	Diametro perforazione [mm]	Iniezione
Ancoraggio laterale	Ancoraggio in fune con resistenza almeno pari a 300kN	4.00	90	IGU
Ancoraggio monte				
Ancoraggi di fondazione	Barra in acciaio B450C Φ32mm	2.00	50	

Barriere per colate detritiche

Le barriere scelte contro le colate detritiche e blocchi in canali sono del tipo VX080-H4, caratterizzate da una resistenza a pressione di impatto rispettivamente fino a 80 kPa.

Alla luce dalle nuove Norme Tecniche, sono state verificate le sezioni di acciaio e le lunghezze di ancoraggio del sistema di fondazioni delle barriere contro le colate detritiche e blocchi in oggetto.

La scelta delle barriere suddette è motivata dal fatto che esse sono le uniche barriere testate in vera grandezza e appositamente studiate per questo tipo di fenomeno naturale.

Di seguito si illustra il riassunto dei risultati dei calcoli del dimensionamento degli ancoraggi laterali:

Barriera	Descrizione	Tipologia	Lunghezza [m]
Tipo UX080-H4	Ancoraggio laterale	GA – 7016 / 400	6,00

Tabella 5 Risultati analisi e calcoli delle barriere per colate detritiche

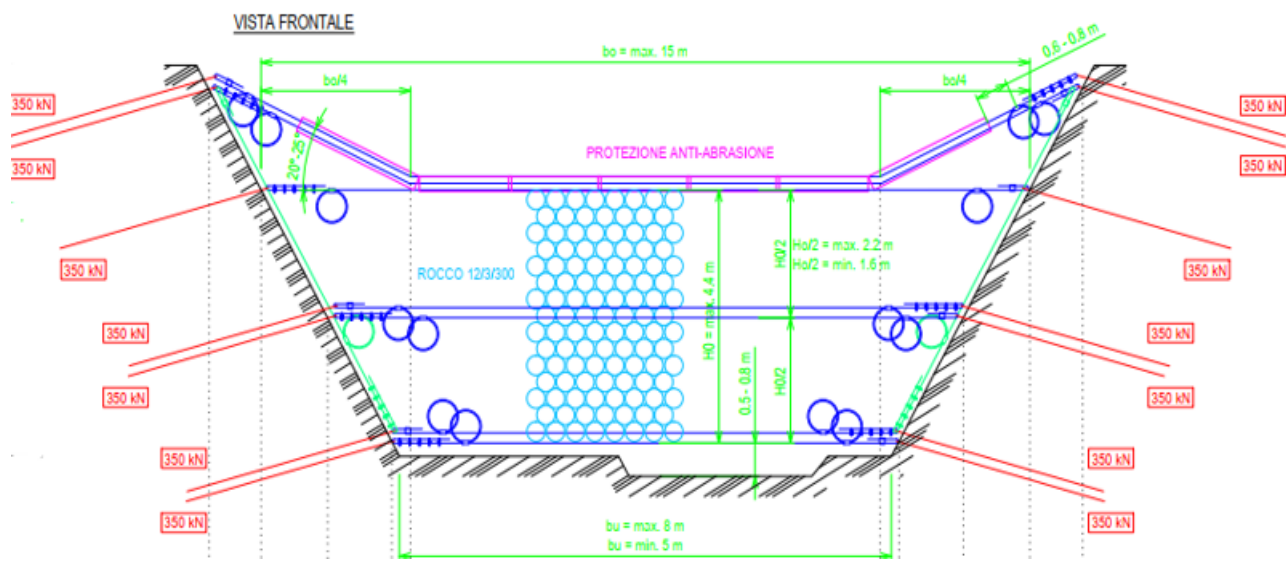


Figura 12 Vista frontale opera di protezione da colate detritiche e blocchi in canali

DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO (A e B)

Di seguito vengono riportate schematicamente le caratteristiche delle opere progettuali individuate in ogni area, precedentemente descritte.

Tratta Marone - Pisogne A01 - galleria Predalva – Lato Pisogne			
	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO

Opere attive

1 RETE IN ADERENZA	1	480 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	162	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	140	L 330 mm H 205 mm	

Opere passive

1 BARRIERE PARAMASSI		2000 KJ	x
	1	H 5m L 50m INCLINAZIONE 60°	
MONTANTI	6	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	7	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	12	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	

Tratta Marone - Pisogne A05 - Tra galleria di san Giorgio e galleria Val Finale			
	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO

Opere attive

1 RETE IN ADERENZA	1	540 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	118	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	96	L 330 mm H 205 mm	

2 RETE IN ADERENZA	1	730 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	118	Ø 28 mm A 616 mm ²	

		L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	92	L 330 mm H 205 mm
3 RETE IN ADERENZA	1	1760 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	222	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	192	L 330 mm H 205 mm
4 RETE IN ADERENZA	1	580 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	85	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	63	L 330 mm H 205 mm
5 RETE IN ADERENZA	1	85 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	14	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	6	L 330 mm H 205 mm
6 RETE IN ADERENZA	1	140 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	22	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	12	L 330 mm H 205 mm
7 RETE IN ADERENZA	1	300 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	61	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 3 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	49	L 330 mm H 205 mm

1 BARRIERE PARAMASSI	1	2000 KJ H 5m L 80m INCLINAZIONE 60°	x
MONTANTI	9	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	10	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	18	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	
2 BARRIERE PARAMASSI	1	2000 KJ H 5m L 30m INCLINAZIONE 60°	x
MONTANTI	4	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	5	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	8	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	
4 BARRIERE PER COLATE DETRITICHE	4	80 kJ H 4m	x
ANCORAGGIO FLESSIBILE LATERALE	56	L 6m Rk =460 kN resist. caratteristica Rd = 400 kN resist. di progetto	

Tratta Marone - Pisogne A07 - Tra galleria Pirlo e Santa Barbara			
	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere passive			
1 BARRIERE PARAMASSI		3000 KJ	x
	3	H 6m L 18+16.6 +18.9= 53.5 m INCLINAZIONE 70°	
MONTANTI	10	INTERASSE 12 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	14	L 4m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	18	L 4m	

ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE

20

L 2 m
Ø 32 mm

**Tratta Marone - Pisogne
A09 - Tra galleria Grotte e galleria Vaccarezzo**

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			
1 RETE IN ADERENZA	1	1140 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	183	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	63	L 330 mm H 205 mm	

Opere passive

1 BARRIERE PARAMASSI		2000 KJ	x
	1	H 5m L 160 m INCLINAZIONE 60°	
MONTANTI	17	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	18	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	34	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	

**Tratta Marone - Pisogne
A10 - Tra galleria Grotte e Valcomune 2**

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			
1 RETE IN ADERENZA	1	2000 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	299	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	275	L 330 mm H 205 mm	

Opere passive

1 BARRIERE PARAMASSI	1	2000 KJ H 5m L 40 m INCLINAZIONE 60°	x
MONTANTI	5	INTERASSE 10 m	

ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	6	L 5m Distanza 8.5m
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	10	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²

Tratta Marone - Pisogne A11 - Tra galleria Valcomune 2 e Valcomune 1

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			
1 RETE IN ADERENZA	1	710 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	121	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	105	L 330 mm H 205 mm	
2 RETE IN ADERENZA	1	670 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	132	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	110	L 330 mm H 205 mm	
3 RETE IN ADERENZA	1	200m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	36	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	24	L 330 mm H 205 mm	

Tratta Marone - Pisogne A14 - Tra galleria Colombano e Vello

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			
1 RETE IN ADERENZA	1	225 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	62	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	

PIASTRA DI RIPARTIZIONE	50	L 330 mm H 205 mm
2 RETE IN ADERENZA	1	140 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	28	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	16	L 330 mm H 205 mm
3 RETE IN ADERENZA	1	280 m ²
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	54	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	40	L 330 mm H 205 mm

Opere passive			
1 BARRIERE PARAMASSI	1	2000 KJ H 5m L 30 m INCLINAZIONE 60°	x
MONTANTI	4	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	5	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	8	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	

Tratta Marone - Pisogne A17 - Tra galleria Marone e Sempioncino			
	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			
1 RETE IN ADERENZA	1	120 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	28	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	16	L 330 mm H 205 mm	
2 RETE IN ADERENZA	1	280 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	24	Ø 28 mm	

		A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	14	L 330 mm H 205 mm	
3 RETE IN ADERENZA	1	1260 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	230	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	180	L 330 mm H 205 mm	
4 RETE IN ADERENZA	1	480 m ²	
ANCORAGGI BARRE+ PERIMETRALI	96	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	80	L 330 mm H 205 mm	
Opere passive			
1 BARRIERE PARAMASSI	1	2000 KJ H 5m L 30m INCLINAZIONE 60°	x
MONTANTI	4	INTERASSE 10 m	
ANCORAGGI FLESSIBILI DI MONTE	5	L 5m Distanza 8.5m	
ANCORAGGI FLESSIBILI LATERALI	4	L 5m Distanza 7.5m	
ANCORAGGI BARRE DI FONDAZIONE	8	L 3 m Ø 28 mm A 616 mm ²	
1 BARRIERE PER COLATE DETRITICHE	1	80 kJ H 4m	x
ANCORAGGIO FLESSIBILE LATERALE	14	L 6m Rk =460 kN resist. caratteristica Rd = 400 kN resist. di progetto	

Tratta Cividate - Breno
B01 – Scarpata (71+180 – 71+400)

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			

1 RETE IN ADERENZA	1	1250 m ²	
ANCORAGGI BARRE	289	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	256	L 330 mm H 205 mm	
2 RETE IN ADERENZA	1	130 m ²	
ANCORAGGI BARRE+ PERIMETRALI	25	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	13	L 330 mm H 205 mm	
3 RETE IN ADERENZA	1	140 m ²	
ANCORAGGI BARRE+ PERIMETRALI	26	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	14	L 330 mm H 205 mm	
4 RETE IN ADERENZA	1	200 m ²	
ANCORAGGI BARRE+ PERIMETRALI	54	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	38	L 330 mm H 205 mm	

Tratta Cividate - Breno B02 – (Pk 70 + 940 – 70+980)			
---	--	--	--

	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			

1 RETE IN ADERENZA	1	300 m ²	
ANCORAGGI BARRE + PERIMETRALI	62	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m	
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	48	L 330 mm H 205 mm	

2 RETE IN ADERENZA	1	260 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRLI	72	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	56	L 330 mm H 205 mm

Tratta Civate - Breno B08 – Imbocco galleria Civate			
	n.	CARATTERISTICHE	MONITORAGGIO
Opere attive			

1 RETE IN ADERENZA	2	20 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	25	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	7	L 330 mm H 205 mm

2 RETE IN ADERENZA	1	25 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	12	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	4	L 330 mm H 205 mm

3 RETE IN ADERENZA	1	30 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	12	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	4	L 330 mm H 205 mm

4 RETE IN ADERENZA	2	35 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	25	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	9	L 330 mm H 205 mm

5 RETE IN ADERENZA	1	50 m ²
---------------------------	----------	-------------------

ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	14	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	6	L 330 mm H 205 mm
6 RETE IN ADERENZA	2	70 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRALI	17	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	9	L 330 mm H 205 mm
7 RETE IN ADERENZA	2	80 m ²
ANCORAGGI BARRE+ PERIMETRALI	14	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	6	L 330 mm H 205 mm
8 RETE IN ADERENZA	2	100 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRLI	22	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	12	L 330 mm H 205 mm
9 RETE IN ADERENZA	2	200 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRLI	63	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	49	L 330 mm H 205 mm
10 RETE IN ADERENZA	2	400 m ²
ANCORAGGI BARRE+PERIMETRLI	157	Ø 28 mm A 616 mm ² L 4m (a = b) 2,80 m
PIASTRA DI RIPARTIZIONE	130	L 330 mm H 205 mm

4.4 MONITORAGGIO DELLE OPERE DI VERSANTE

Per le strutture di protezione passive (barriere) è stato previsto un sistema di monitoraggio da remoto costituito da un dispositivo di piccole dimensioni, installato su una o più funi (di sostegno, di supporto, di rinforzo, di controventatura, eccetera) in numero non inferiore a 1 ogni circa 30 m di allineamento, sui punti ritenuti sensibili in accordo alle specifiche o raccomandazioni del produttore.

Ogni impianto di monitoraggio (costituito da tutti i dispositivi installati su una o più barriere) è dotato di una serie di sensori atti a garantire continuità al servizio come specificato trasmettendo dati ambientali e fisici ad una rete GSM con modalità di commutazione automatica alle reti GSM stesse.

I dati trasmessi possono essere visualizzati su un pannello di controllo online e correlati, accessibili in ogni momento via internet, con accrediti personalizzati, da PC e possono essere elaborati dal fornitore del sistema e messi a disposizione del proprietario (o suo autorizzato) delle opere, oppure recapitati grezzi al proprietario (o suo autorizzato) che provvederà alla gestione in proprio degli stessi.

Si rappresenta che il suddetto sistema monitoraggio permette esclusivamente di monitorare lo stato di conservazione dell'opera su cui viene installato.

Il singolo dispositivo misura e trasmette informazioni riguardanti:

- gli impatti che la barriera subisce
- il carico progressivo cui la barriera è sottoposta
- il progressivo decadimento di reti, funi e fili in acciaio interessati da corrosione per fattori ambientali (aggressività atmosferica, fusione della galvanizzazione per incendi)

Per assicurare queste prestazioni, il sistema deve essere in grado di rilevare lo stato tensionale delle funi su cui viene installato, posto un limite di lettura massimo di 30'000 kg (294kN). A tale scopo ciascun dispositivo deve comunicare in maniera autonoma con il server cui sono recapitati e salvati i dati, in modo che, in caso di interruzione della funzionalità di un apparecchio, il monitoraggio sia garantito dagli altri.

Per questa ragione, il sistema deve escludere la presenza di centraline e qualsivoglia apparecchio di raccolta e trasmissione centralizzata dei dati. Tale sistema di monitoraggio non richiede, per l'installazione, la presenza di tecnici specializzati ma può essere posato e messo in funzione anche da operatori non specializzati già presenti in cantiere. Il dispositivo deve essere certificato per resistere a temperature che vanno da -50° a 80° e a condizioni di umidità che vanno da 0 a 100% oltre che resistere ai raggi UV ed essere impermeabile.

La batteria deve avere una durata minima di 7-10 anni e ogni dispositivo deve trasmettere in forma criptata e indipendente. Il dispositivo e il sistema di trasmissione dati deve inoltre essere conforme alle normative internazionali EN 301908-1 in tema di accessi a radio spettri, EN 301489-1 e EN 301489-52 in tema di compatibilità elettromagnetica di apparecchiature radio e servizi, EN 60068-2-27 in tema di test di carattere ambientale e EN 62368-1 in tema di requisiti di sicurezza minimi per apparecchiature audio, video informatiche e di comunicazione e nel rispetto di questi standard disporre della marcatura CE.

Per il progetto specifico, il monitoraggio previsto interessa le opere (Area A01 – A05 – A10 – A14 – A17 - A07):

- barriere paramassi
- barriere contro le colate detritiche in canali

La localizzazione dei singoli dispositivi è rappresentata nei corrispettivi elaborati grafici, nei quali viene indicata la disposizione e il numero di dispositivi necessari da installare lungo la barriera.

In particolare, il posizionamento ed il fissaggio devono essere effettuati preferibilmente sulla fune portante sulla quale sono installati i sistemi frenanti della barriera oltreché agli elementi soggetti alle principali deformazioni dell'opera.

5. PRECOLLAUDO IN CORSO D'OPERA

Quando si ha a che fare con reti in aderenza per il rivestimento dei versanti e/o reti paramassi in entrambi i casi bisogna distinguere 2 effetti:

- le prestazioni del complesso;
- le prestazioni dei singoli componenti.
- In primo luogo si deve verificare che i certificati di conformità dei materiali siano aderenti alle prestazioni richieste dal progetto.
- In secondo luogo si devono effettuare alcune prove di pre-collauda in corso d'opera che sono descritte di seguito.

5.1 RETE IN ADERENZA

Per gli interventi di rivestimento dei versanti, vista la semplicità delle opere da realizzare, non sono molte le prove a disposizione per la verifica della corretta esecuzione delle stesse.

Gli aspetti da verificare sono i seguenti:

- la corretta realizzazione degli ancoraggi;
- la corretta tesatura delle piastre.

Le prove da eseguire sono quindi n.2:

5.1.1 Prova di trazione degli ancoraggi

Lo scopo di questa prova è quello di verificare che gli ancoraggi realizzati siano in grado di far fronte al carico di progetto, mediante la realizzazione di una prova a trazione assiale dell'ancoraggio con l'applicazione di un carico minimo N_q pari ad almeno 1,2 volte il carico di progetto N_d (circa 131.3 kN). Il sistema di misura del carico dovrà possedere un certificato di taratura presso un laboratorio di prova accreditato.

La prova va effettuata su almeno 3 ancoraggi ogni 100 m² di rete posata ad almeno 7 giorni dall'iniezione per dare il tempo al cemento di maturare.

_ Procedura di prova

La procedura consiste nell'applicare un carico N_q in direzione assiale all'ancoraggio mediante incrementi di carico a partire da un valore di allineamento pari a $N_0 = 0,10 N_q$ con passi di carico pari a $0,20 N_q$, registrando contemporaneamente le deformazioni della testa dell'ancoraggio. Durante la prova il carico deve essere mantenuto costante per almeno 1' per ciascun passo di carico.

Il carico di prova finale N_q deve essere mantenuto costante per almeno 5' in ancoraggi in roccia o 15' in ancoraggi in terreno sciolto. La prova non è superata se al ripristino delle pressioni del martinetto si manifestano cedimenti.

L'attrezzatura deve permettere l'applicazione della forza di trazione in direzione assiale all'ancoraggio con una tolleranza angolare di $\pm 15^\circ$.

Il sistema di contrasto sul terreno deve essere realizzato con strutture di ripartizione che agiscano ad una distanza non minore di 0,5 m dall'asse del tirante.

Il sistema di misura del carico deve essere verificato presso un laboratorio di prova riconosciuto.

_ Rapporto di prova

Il rapporto di prova deve illustrare i seguenti aspetti:

- ubicazione dell'area di intervento;
- ubicazione dettagliata delle opere collaudate;
- descrizione delle opere collaudate con particolare riferimento alle caratteristiche delle perforazioni e dei materiali impiegati;
- natura e caratteristiche del terreno;
- descrizione dell'attrezzatura utilizzata (marca, modello, caratteristiche dei singoli componenti, corsa massima del cilindro, ecc.) allegando il rapporto di verifica di un laboratorio riconosciuto;
- procedura di prova utilizzata, carico di allineamento N_0 , passi di carico e direzione di tiro;
- descrizione delle fasi di collaudo di ciascun elemento sottoposto a prova, documentazione

fotografica dell'elemento prima e dopo la prova;

- risultati della prova con riferimento all'esito dei singoli passi di carico, ad eventuali riprese di carico per cedimenti.
- rilievo delle eventuali deformazioni permanenti nell'elemento sottoposto a prova e descrizione di eventuali rotture di singoli componenti l'ancoraggio.

5.1.2 Prova di connessione rete-ancoraggi

La connessione tra la rete e gli ancoraggi avviene mediante le piastre di collegamento che vengono fissate alla barra di ancoraggio con una specifica coppia di serraggio.

La prova consiste nel verificare la coppia di serraggio del dado che fissa la piastra con una chiave dinamometrica (che deve avere un certificato di taratura in corso di validità rilasciato da laboratorio riconosciuto). Trattandosi di una prova molto veloce si dovrà eseguire su almeno 10 coppie di serraggio del dado ogni 100 m² di rete posata.

Inoltre è bene controllare la densità media degli ancoraggi, cioè verificare che la distanza tra un ancoraggio e l'altro sia rispettata in modo da evitare che alla fine si abbia un numero inferiore di ancoraggi da quelli previsti in progetto, situazione che comprometterebbe la bontà dell'intervento.

E' quindi bene fare questo controllo in corso d'opera per potervi porre rimedio per tempo.

5.2 RETE PARAMASSI E PER COLATE DETRITICHE

Le barriere paramassi ad oggi sono sottoposte a marcatura CE, quindi dal punto di vista della realizzazione, oltre a chiedere i certificati relativi, si devono verificare i seguenti punti:

- la corretta realizzazione degli ancoraggi
- il corretto montaggio (verifica che il montaggio sia effettuato in conformità con il manuale d'installazione dalla ditta produttrice)

5.3 CANTIERIZZAZIONE E IMPATTO SULLA VIABILITA'

Le opere previste prevedono delle lavorazioni, nella fase di pulizia e disgaggio della parete, che non possono essere eseguite garantendo la totale sicurezza delle aree sottostanti. Per questo motivo sono previste in notturna, e per lo stesso motivo durante queste lavorazioni andrà prevista la chiusura delle strade adiacenti alla linea, compresa la pista ciclopedonale. Tali chiusure sono previste e computate anche nel PSC.

Schema riassuntivo delle interruzioni necessarie

ID intervento	Strade soggette a chiusura
A01	Via Govine, Pisogne

A05	Pista Ciclopedonale
A07	Pista Ciclopedonale
A09	Pista Ciclopedonale
A10	Pista Ciclopedonale
A11	Pista Ciclopedonale
A14	Pista Ciclopedonale
A17	Via De Gasperi, Marone
B01	-
B02	-
B08	Via Roma, Civate Camuno