



**Regione Piemonte**  
**Provincia del Verbano Cusio Ossola**  
**Comune di Formazza**  
**Cava di serizzo BORT Sopra Foppiano**

**DOMO GRANITI s.r.l.**

Via Leonardo da Vinci, 36 – 28859 Trontano (VB)

**EVENTO DI DISSESTO DELLA PARETE NORD DEL FRONTE DI CAVA**  
**ADEMPIMENTO: PROVVEDIMENTI DI SICUREZZA ART. 674 DEL D.P.R. 128/59**

PROT. N. 5157/2024 DEL 24/04/2024  
PROT. N. 8821/2024/DEL 09/07/2024  
PROT. N. 10636/2024 DEL 13/08/2024  
PROT. N. 11822/2024 DEL 23/09/2024  
PROT. N. 12465/2024 DEL 09/10/2024  
PROT. N. 14214/2024 DEL 18/11/2024  
PROT. N. 15681/2024 DEL 19/12/2024

SETTORE POLIZIA MINERARIA, CAVE E MINIERE DELLA REGIONE PIEMONTE

**PRESCRIZIONI**

**dott. geol. Claudio GAGLIARDI**

*Sede Legale: Via Attilio Binda, 175 - 28845 Domodossola (VB)*

*Studio: c/o Domo Graniti srl*

*Via Leonardo da Vinci 36 – 28859 Trontano (VB)*

*Tel. 0324.249096 – 334.6219434*

*E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com*



Gennaio 2025

# 1. RELAZIONE TECNICA

## 1.1. PREMESSA

Si adempie con la presente alle ulteriori prescrizioni emanate con provvedimento di sicurezza, ai sensi dell'art. 674 del D.P.R. 128/59, prot. N. 15681/2024 del 19/12/2024.

Nel seguente capitolo (1.2) si integra quanto richiesto in termini di controllo della velocità ed accelerazione degli spostamenti misurati dal sistema di monitoraggio estensimetrico; per completezza di informazione si riporta integralmente al capitolo successivo (1.3.) la descrizione del sistema di allerta/allarme già precedentemente trasmessa.

## 1.2. ADEGUAMENTO DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO PER LA REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI VELOCITÀ ED ACCELERAZIONE

Il sistema di monitoraggio è gestito da un portale predisposto dalla ditta costruttrice OTR-GEO s.r.l. che elabora i dati rilevati, nel caso specifico dai fessurimetri elettrici installati a cavallo delle fratture più significative sopra descritte.

La frequenza delle misure è stata impostata con una tempistica di 30 min al fine di ottenere una registrazione "in continuo" del comportamento dell'ammasso roccioso. Ogni misurazione è correlata ad una lettura di temperatura dell'aria in sito.

I dati rilevati sono acquisiti da un datalogger, processati da un software e inviati tramite modem al server della società OTR-GEO.

L'accesso al portale "OTR-Monitoring" avviene da remoto tramite le usuali credenziali (user name e password) e permette di accedere al database riepilogativo di tutti i dati in costante aggiornamento secondo la cadenza temporale delle misure impostate.

Come detto, nel caso specifico, il sistema è stato programmato per eseguire una lettura ogni mezz'ora ed entro 6 min circa il sistema di acquisizione in remoto trasmette i dati che sono visibili e scaricabili sul server.

Per la registrazione e controllo dei dati di velocità e accelerazione, non previsto in automatico dal server della società OTR-GEO, è stato predisposto un foglio di calcolo che permette di integrare i dati di spostamento calcolando la velocità degli spostamenti misurati da ogni fessurimetro e per confronto tra la velocità di due spostamenti successivi la conseguente accelerazione.

In dettaglio, i dati raccolti dal datalogger ed inviati al database, vengono elaborati nel seguente modo:

viene calcolata la velocità giornaliera in base al delta di movimento per ogni singolo sensore (fessurimetro). Da questa viene calcolata l'accelerazione nelle 24 ore a partire da tale formula:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

Dove  $v_i$  e  $v_f$  denotano rispettivamente la velocità iniziale e finale e  $t_i$  e  $t_f$  indicano gli istanti di tempo iniziale e finale.

L'unità di misura dell'accelerazione è mm/h<sup>2</sup>.

Per definire un valore soglia di velocità ed accelerazione sono stati calcolati tutti gli spostamenti dei tre fessurimetri che monitorano il comportamento delle fratture principali il cui storico ha registrato i dati senza interruzione dal 05/10/2023 al 20/06/2024 (interruzione a causa di guasto provocato da un evento temporalesco, ripristino del sistema a settembre 2024).

Si tratta di spostamenti correlati al comportamento geologico dell'ammasso roccioso in relazione alle variazioni di temperatura; l'entità degli spostamenti misurati sull'arco delle 24 ore come già riportato in precedenza indica un trend in apertura e chiusura delle fratture dell'ordine di  $\pm 0,5$  mm intorno al valore medio di partenza.

Sulla base della velocità di spostamento giornaliero (dal valore min al valore max) sono state calcolate le velocità orarie di spostamento e per differenza tra spostamenti giornalieri successivi si ottiene l'accelerazione. In considerazione del fatto che i dati si riferiscono al comportamento geologico di risposta dell'ammasso alla variazione di temperatura si ottengono valori di velocità e accelerazione in termini di millesimi di mm/ora.

Il controllo prevede lo scarico settimanale dei dati dal server-database della società OTR-GEO che vengono elaborati in automatico nel foglio di calcolo predisposto e forniscono immediatamente i valori di velocità ed accelerazione dei singoli fessurimetri con la verifica dell'eventuale superamento del valore soglia.

L'elaborazione dei dati permette comunque di individuare un valore di accelerazione per ogni fessurimetro che caratterizza il normale comportamento dell'ammasso roccioso fratturato in relazione alle variazioni termiche; infatti, si ottengono talvolta sull'andamento giornaliero di apertura e chiusura delle fratture dati di accelerazione con segno negativo che indicano semplicemente una risposta dell'ammasso in termini di velocità minore in chiusura o in apertura rispetto all'andamento del gradiente termico. (Nel foglio di calcolo allegato a parte per ogni fessurimetro si riportano nell'ultime due colonne l'accelerazione in mm/h<sup>2</sup> e per facilità di lettura in millesimi di mm/h<sup>2</sup>).

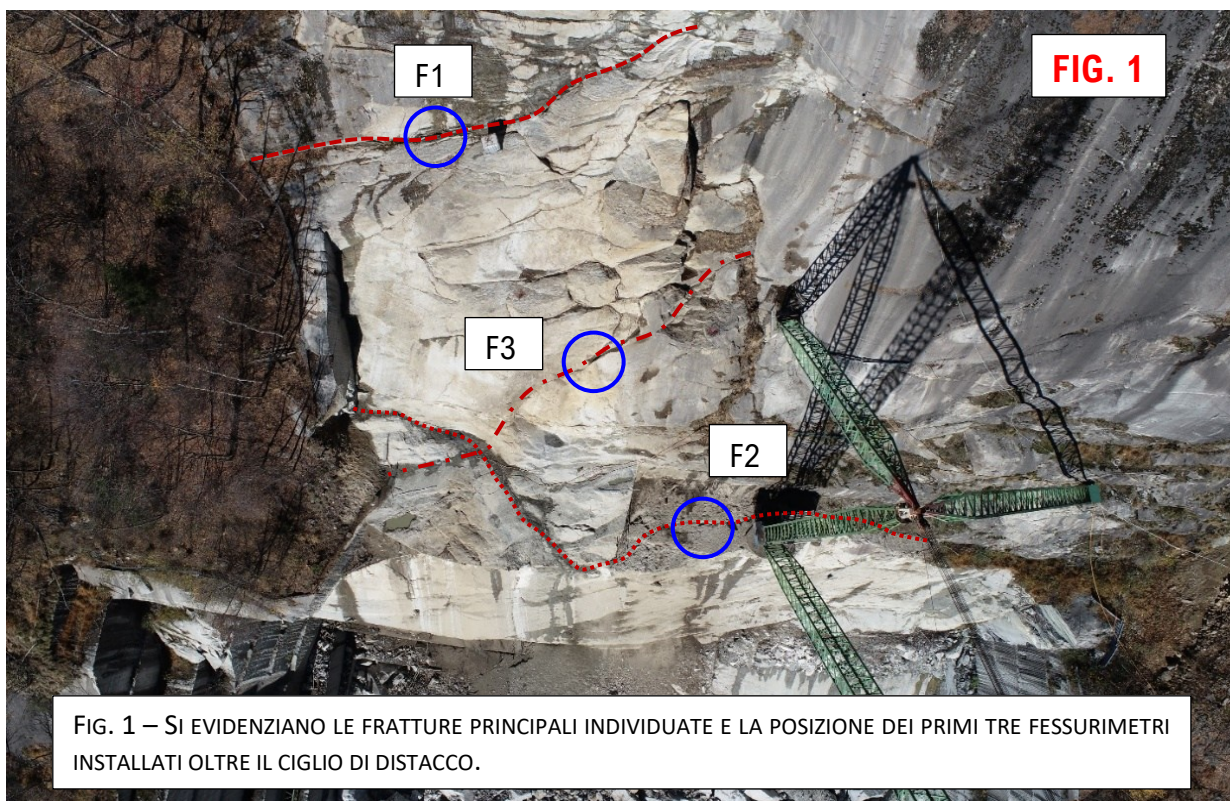
Tale dato non corrisponde pertanto ad una effettiva accelerazione degli spostamenti misurati perché al momento nessuno strumento fornisce indicazioni di progressiva apertura ma tuttavia costituisce un limite di riferimento rispetto al quale può essere costantemente monitorato il comportamento delle fratture strumentate e nel caso di eventuale evoluzione di fenomeni critici (apertura di uno o più giunti) permette di avere un immediato riscontro e di seguirne l'evoluzione anche in termini di incremento di velocità ed accelerazione del movimento.

Si evidenzia tuttavia, che qualora dovesse verificarsi un minimo movimento con il superamento della soglia minima di spostamento, rispetto ai punti monitorati, il sistema attiva l'effettivo segnale istantaneo di allerta tramite l'avviso acustico di allarme in cava e con l'invio di sms ai telefoni cellulari della ditta e del personale addetto per attuare immediatamente le procedure di evacuazione, controllo e ispezione previste.

Nel caso di spostamento con superamento della soglia minima di 2 mm di un qualsiasi fessurimetro sarà quindi possibile avere un dato concreto anche dell'incremento effettivo della velocità di apertura rispetto al normale comportamento dell'ammasso roccioso per il monitoraggio degli eventuali incrementi di velocità ed accelerazione del movimento registrato.

Si allega di seguito il report aggiornato alla data odierna del foglio di calcolo che elabora le velocità e accelerazioni degli spostamenti di tutti i fessurimetri.

Si precisa al riguardo che il sistema iniziale è stato ulteriormente implementato con l'installazione di ulteriori 2 fessurimetri in corrispondenza di una frattura aperta, presente al centro della parete a monte della porzione che forma un tetto strapiombante; la frattura già precedentemente individuata è stata monitorata nel corso di una ispezione in parete programmata per il periodico controllo ravvicinato dei settori maggiormente critici.





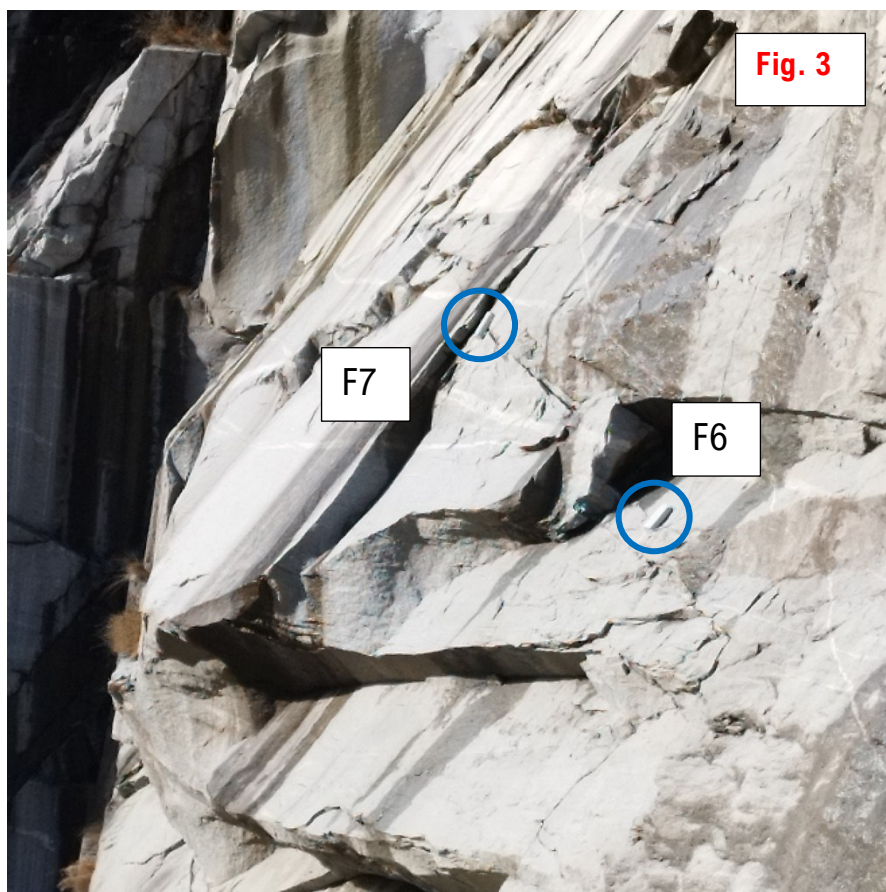
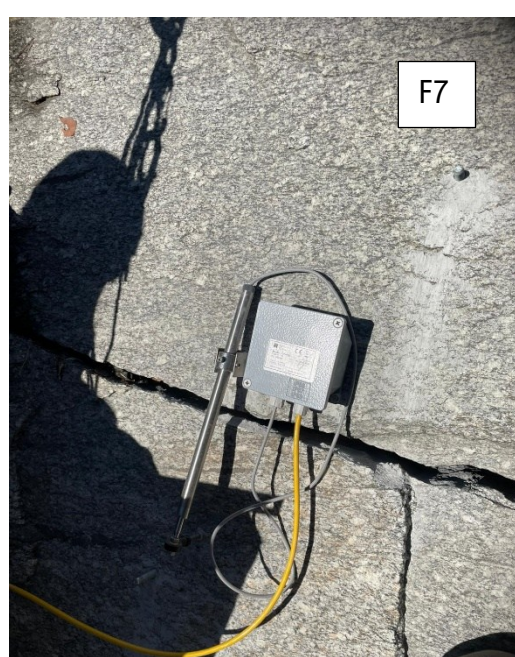
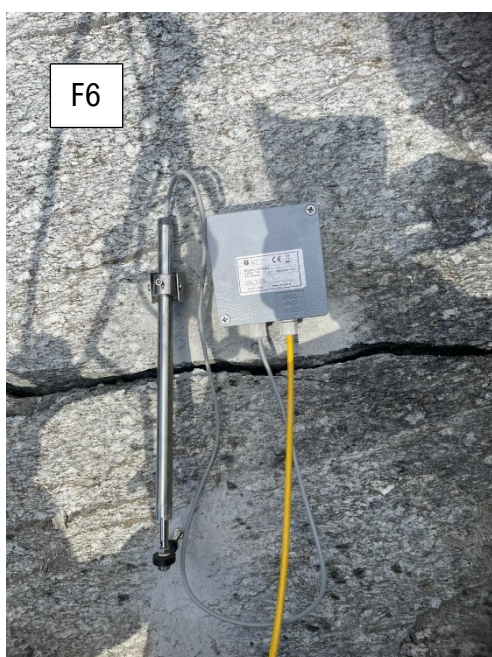


FIG. 3 – SI EVIDENZIANO I DUE ULTIMI FESSURIMETRI INSTALLATI IN CORRISPONDENZA DI UNA FRATTURA CHE INTERSECA A MONTE LA PORZIONE CENTRALE “STRAPIOMBANTE” DELLA PARETE DI DISTACCO, COINCIDENTE CON L’ATTUALE FRONTE NORD DI CAVA. NELLE RIPRESE IN BASSO SONO VISIBILI IN DETTAGLIO I DUE FESSURIMETRI.



### 1.3. VERIFICA DEL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA ALLERTA/ALLARME COLLEGATO AL MONITORAGGIO INSTALLATO

Il sistema di monitoraggio è gestito da un portale predisposto dalla ditta costruttrice OTR-GEO s.r.l. che elabora i dati rilevati, nel caso specifico dai fessurimetri elettrici installati a cavallo delle fratture più significative sopra descritte.

La frequenza delle misure è stata impostata con una tempistica di 30 min al fine di ottenere una registrazione “in continuo” del comportamento dell’ammasso roccioso. Ogni misurazione è correlata ad una lettura di temperatura dell’aria in sito.

I dati rilevati sono acquisiti da un datalogger, processati da un software e inviati tramite modem al server della società OTR-GEO.

L’accesso al portale “OTR-Monitoring” avviene da remoto tramite le usuali credenziali (user name e password) e permette di accedere al database riepilogativo di tutti i dati in costante aggiornamento secondo la cadenza temporale delle misure impostate.

Come detto, nel caso specifico, il sistema è stato programmato per eseguire una lettura ogni mezz’ora ed entro 6 min circa il sistema di acquisizione in remoto trasmette i dati che sono visibili e scaricabili sul server.

Il datalogger è in grado di inviare un segnale di “alert” (tramite sms telefonico) nel momento in cui il valore registrato supera il limite di soglia stabilito dall’operatore.

Pertanto, è possibile inserire un solo valore di soglia, per ogni fessurimetro, che nel caso specifico è stato scelto pari a **2 mm** di spostamento rispetto al valore iniziale in relazione al comportamento dell’ammasso roccioso registrato nel corso di un anno circa di misure.

La soglia minima, definibile a questo punto “**soglia di attenzione**”, è coerente e significativa rispetto alla tendenza rilevata dal monitoraggio dei primi tre fessurimetri che è attivo da un anno (dal 5 ottobre 2023) ed ha permesso di verificare:

- l’assenza di movimenti in apertura delle fratture e pertanto la stabilità dell’ammasso roccioso;
- il comportamento geologico delle fratture monitorate in relazione alle variazioni di temperatura.

In particolare, dal controllo annuale è stato verificato un trend di tipo geologico dei giunti, correlato alle variazioni stagionali e giornaliere della temperatura, con oscillazione pari a  $\leq \pm 0,5$  mm in apertura e chiusura intorno al valore medio, ovvero precisamente:

F1 da +0,325 mm a – 0,650 mm

F2 da +0,181 mm a - 0,137 mm

F3 da +0.850 mm a - 0,081 mm

La misura della temperatura è iniziata a fine anno 2023 e pertanto i valori registrati non coprono l’intero periodo del monitoraggio (ottobre 2023), tuttavia, si riscontra un comportamento di tipo

geologico coerente tra raffreddamento dell'aria - apertura dei giunti di discontinuità viceversa chiusura dei giunti – riscaldamento dell'aria. Il range registrato di circa  $\pm 0,5$  mm corrisponde ad un'escursione termica pari a circa 20°.

Sulla base dei dati sino ad ora acquisiti, una soglia di **2 mm** di apertura appare pertanto significativa e adeguata come soglia di attenzione anche rispetto ad una eventuale oscillazione decisamente più ampia del trend di apertura-chiusura (da 0,5 mm a 2 mm) correlabile a variazioni dei valori minimi-massimi di temperatura decisamente superiori rispetto a quelli sino ad ora registrati che potrebbero verificarsi in relazione alla quota (1100 m circa).

Poiché è possibile impostare un solo valore di soglia è stato quindi scelto il valore minimo di apertura delle fratture, da intendersi come primo segnale di “attenzione”, che permette di attivare la procedura di evacuazione dell'area e i successivi step di controllo.

Si precisa che al superamento della soglia scattano i seguenti segnali di “alert”:

- sirena in cava;
- sms di avviso sui telefoni cellulari del Direttore dei Lavori, del Sorvegliante di cava, del dott. Crosetto Stefano in qualità di tecnico assistente informatico e della società Domo Graniti s.r.l..

In caso di primo allarme si attiva pertanto la seguente procedura di sicurezza:

1. sospensione immediata delle lavorazioni sull'accumulo di crollo ed evacuazione dell'area del piazzale;
2. controllo da parte dei tecnici del corretto funzionamento del monitoraggio, di eventuali guasti elettrici o del sistema gestionale elettronico dei dati;
3. in caso di guasti elettrici o del sistema gestionale le lavorazioni riprenderanno non appena ripristinato il corretto funzionamento del monitoraggio;
4. dal controllo dei dati del server (circa 6 minuti dopo l'allarme) è possibile riscontrare:
  - a) l'entità dello spostamento registrato
  - b) i fessurimetri e quindi le fratture che hanno registrato il movimento.

**CASO A** Nel caso di minimo superamento della soglia, ovvero  $2 \text{ mm} \leq s \leq 5 \text{ mm}$ :

- A. i lavori restano sospesi per un giorno intero per verificare da remoto l'eventuale accelerazione o stabilizzazione del movimento;
- B. si esegue entro la giornata apposita ispezione da parte del Direttore Lavori e del sorvegliante, con l'eventuale ausilio di rocciatori abilitati, delle fratture principali con particolare attenzione ai punti di monitoraggio strumentati;

- C. nel caso di minimo superamento e stabilizzazione delle misure si procede il giorno successivo alla rimozione delle macchine movimento terra e delle attrezzature di perforazione;
- D. in esito agli accertamenti di cui sopra viene data comunicazione motivata della sospensione dei lavori al Servizio di Polizia Mineraria;
- E. i lavori restano sospesi ed in funzione dell'evoluzione più o meno rapida dell'eventuale fenomeno sarà possibile considerare sia l'eventuale intensificazione dei punti di controllo, con l'aggiunta di fessurimetri sulle fratture già monitorate, sia una nuova misura interferometrica radar per valutare una eventuale deformazione a scala della parete di cava;
- F. ogni ulteriore attività o ripresa delle lavorazioni sarà svolta e concordata a seguito di comunicazione degli esiti dei risultati delle suddette verifiche al Servizio di Polizia Mineraria per le conseguenti valutazioni e prescrizioni in merito.

**CASO B** Qualora dopo il primo allarme di attenzione dal controllo in remoto si riscontra uno spostamento  $\geq 5$  mm o decisamente superiore si attua la seguente procedura:

- I. sospensione immediata delle lavorazioni sull'accumulo di crollo ed evacuazione dell'area del piazzale;
- II. individuazione da remoto del o dei fessurimetri coinvolti;
- III. verifica da remoto dell'evoluzione e dell'eventuale accelerazione o stabilizzazione del movimento;
- IV. comunicazione della sospensione dei lavori al Servizio di Polizia Mineraria per le conseguenti valutazioni e prescrizioni in merito;
- V. i lavori restano sospesi e l'area interdetta all'accesso;
- VI. le eventuali ispezioni in sito saranno definite e concordate con il competente Servizio di Polizia Mineraria.

Le procedure descritte, sia per il caso A sia per il caso B, prevedono l'immediata evacuazione dell'area del piazzale e la sospensione dei lavori con la possibilità di eseguire adeguati controlli e accertamenti del fenomeno in atto e dell'evoluzione più o meno rapida dello stesso.





**Regione Piemonte**  
**Provincia del Verbano Cusio Ossola**  
**Comune di Formazza**  
**Cava di serizzo BORT Sopra Foppiano**

**DOMO GRANITI s.r.l.**

Via Leonardo da Vinci, 36 – 28859 Trontano (VB)

**EVENTO DI DISSESTO DELLA PARETE NORD DEL FRONTE DI CAVA**  
**ADEMPIMENTO: PROVVEDIMENTI DI SICUREZZA ART. 674 DEL D.P.R. 128/59**

PROT. N. 5157/2024 DEL 24/04/2024  
PROT. N. 8821/2024/DEL 09/07/2024  
PROT. N. 10636/2024 DEL 13/08/2024  
PROT. N. 11822/2024 DEL 23/09/2024  
PROT. N. 12465/2024 DEL 09/10/2024  
PROT. N. 14214/2024 DEL 18/11/2024  
PROT. N. 15681/2024 DEL 19/12/2024  
PROT. N. 2010/2025 DEL 24/02/2025

SETTORE POLIZIA MINERARIA, CAVE E MINIERE DELLA REGIONE PIEMONTE

## **INTEGRAZIONI**

**dott. geol. Claudio GAGLIARDI**

*Sede Legale: Via Attilio Binda, 175 - 28845 Domodossola (VB)*

*Studio: c/o Domo Graniti srl*

*Via Leonardo da Vinci 36 – 28859 Trontano (VB)*

*Tel. 0324.249096 – 334.6219434*

*E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com*



Aprile 2025

## **A) 1. RELAZIONE TECNICA - INTEGRAZIONI**

### **a. 1.1. PREMESSA**

Con la presente si risponde alla richiesta di integrazioni e precisazioni emanate con provvedimento di sicurezza, ai sensi dell'art. 674 del D.P.R. 128/59, prot. N. 2010/2025 del 24/02/2025 con specifico riguardo alle seguenti prescrizioni:

- b) adeguamento del sistema di monitoraggio con installazione sul fronte nord sovrastante le aree di lavoro di numero adeguato di sensori accelerometrici per la rilevazione sui tre assi (x,y,z) delle accelerazioni relative e sistema di elaborazione dei dati acquisiti per l'indicazione delle accelerazioni;
- c) completamento del piano di monitoraggio e delle procedure operative e gestionali dei dati provenienti dall'adeguamento del punto precedente, considerando anche le accelerazioni rilevate, così come riportato nel provvedimento art. 674 del 09/10/2024 prot. n.12465;
- d) analisi numeriche di verifica di stabilità dei cumuli in materiale non coesivo ed opere (accesso pedonale, opere di sostegno e muri). Le verifiche di stabilità dovranno essere effettuate considerando i valori dei parametri di resistenza dei materiali determinati (anche sulla base di prove di laboratorio o a dati provenienti da letteratura tecnica specifica del sito o con prove speditive in campo), assumendo valori cautelativi definiti sulla base della variabilità del materiale e definendone i valori caratteristici determinati sulla base della normativa vigente ed implementando opportunamente i modelli di calcolo ed analisi in accordo con gli assunti fatti;
- e) qualora occorra prevedere una diversa configurazione dall'esistente ai fini del rispetto dalla normativa vigente applicabile, quanto riportato alla precedente lettera c) può essere integrato con una proposta di riprofilatura del cumulo detritico con utilizzo del solo materiale presente in cava ed eventuale adeguamento delle opere di sostegno esistenti.

Si anticipa in premessa che per rispondere in modo adeguato al punto c) si propone, come previsto al seguente punto d), una diversa configurazione della scarpata del rilevato su cui insiste l'accesso pedonale che sarà poi oggetto di ulteriore modifica nell'ambito del nuovo progetto di ripresa della coltivazione per l'impostazione di un accesso carrabile, che tuttavia sarà realizzabile solo con il primo ribasso dell'attuale piazzale in roccia alla ripresa della coltivazione della cava ai sensi della L.R. 23/2016 e s.m.i..

## **a. 1.2. PUNTI A) E B) - ADEGUAMENTO SISTEMA DI MONITORAGGIO**

Per quanto concerne la richiesta di *“adeguamento del sistema di monitoraggio con installazione sul fronte nord sovrastante le aree di lavoro di numero adeguato di sensori accelerometrici per la rilevazione sui tre assi (x,y,z) delle accelerazioni relative e sistema di elaborazione dei dati acquisiti per l'indicazione delle accelerazioni”* è stata condotta un'indagine di mercato per individuare la strumentazione adatta ed adeguata ad implementare il sistema di fessurimetri già installato.

Al riguardo si conferma che purtroppo la società OTR-GEO, che ha fornito la strumentazione già installata, non fornisce alcuna implementazione e pertanto l'adeguamento deve prevedere l'installazione di una nuova centralina di rilevamento e allerta.

Nello specifico è stata contattata la società CSG s.r.l. Centro Servizi di Geoingegneria con sede a Ricaldone (AL) che, previo sopralluogo in sito, ha fornito una prima proposta operativa che prevede l'installazione di un sistema di misura di superficie ed, in alternativa, un sistema di misura più complesso da installare in foro di sondaggio.

In dettaglio la proposta prevede la seguente strumentazione:

*al fine di monitorare ulteriormente i parametri precursori del cinematiso in aggiunta a quanto già in misura (misuratori di giunti elettrici) possono essere utilizzati sia moduli singoli di superficie DMS-i che colonne multiparametriche DMS. Nello specifico si possono impiegare singoli moduli di superficie DMS-i Ground da installare nelle aree più critiche e dotati di accelerometri e di inclinometri triassiali oltre a sensori di temperatura, oppure colonne DMS 2D/3D Rock/Plus da introdurre in foro di sondaggio per monitorare più parametri in profondità direttamente nell'ammasso roccioso laddove si origina il fenomeno di instabilità. Sono strumenti differenti: il primo è destinato al monitoraggio di superficie mentre il secondo è destinato al monitoraggio geotecnico/geomeccanico in foro. La loro applicabilità è da valutare in base ai parametri richiesti dai modelli di stabilità. Il monitoraggio mediante moduli di superficie DMS-i Ground è puntuale e pertanto i risultati dipenderanno molto dalla rappresentatività del punto di installazione nei confronti del cinematiso (punti chiave). I parametri che possono essere messi sotto controllo sono l'inclinazione e l'accelerazione; per migliorare la reattività dello strumento si suggerisce l'installazione all'interno di prefori in roccia con cementazione dello strumento.*

*Questo strumento è indicato per rilevare le vibrazioni dell'ammasso roccioso per effetto della rottura dei ponti di roccia che precedono la fase parossistica. Il dato viene rilevato sui 3 assi pertanto è possibile caratterizzare il fenomeno anche in base alla direzione. Questo parametro purtroppo nell'area sarà certamente disturbato dalle vibrazioni antropiche (esplosioni in cava, martelli fondo foro, distacco blocchi e lavorazioni in generale) pertanto occorrerà valutare caso per caso l'effettiva rappresentatività del dato. Lo strumento è progettato appositamente per l'early warning automatico attraverso l'attivazione di dispositivi acustici/visivi di interdizione. Nelle situazioni di disturbo antropico, come quello in esame, l'analisi andrà eseguita con maggiore cura e caso per caso, la difficoltà maggiore sarà quella di individuare i valori soglia per l'attivazione dell'early warning automatico e*

*contemporaneamente gestire i dati connessi a vibrazioni importanti di natura antropica. Ogni caso è a sé e andrà valutato con cura a seguito di un adeguato periodo di monitoraggio preliminare. Il monitoraggio non viene gestito in modo tradizionale da parte dell'unità di controllo mediante l'interrogazione dei sensori ad intervalli di tempo prestabiliti ma avviene in tempo reale in quanto è il sensore che, al superamento del valore soglia preimpostato, comunica direttamente via radio su un canale dedicato con l'aggregatore. Il modulo di misura DMS-i Ground comunica via radio su distanze di 1-2 km (non necessita pertanto di cavi di collegamento) trasmettendo immediatamente i dati di superamento soglia all'unità di aggregazione DMS-i Master che a sua volta provvede ad attivare automaticamente i dispositivi di interdizione necessari (avvisatori acustici, visivi, sbarre ecc.) limitando contemporaneamente i falsi allarmi attraverso una programmazione software sito-specifica. Questa modalità di gestione (brevetto CSG) consente di limitare il tempo che intercorre tra il superamento soglia e l'attivazione dei dispositivi di interdizione a soli 1-2 secondi (early warning automatico).*

In alternativa viene proposto:

*il monitoraggio in foro all'interno dell'ammasso roccioso mediante una colonna DMS 2D Rock o 3D Plus è più diretto in quanto interviene direttamente in profondità in corrispondenza della prevedibile zona di scivolamento. Il dato di monitoraggio in questo caso non sarà più solo puntuale di superficie ma consentirà di mantenere sotto controllo il comportamento di tutto il foro. Sarà possibile monitorare la deflessione del foro nel tempo attraverso gli inclinometri, misurare l'eventuale espansione della zona fratturata mediante moduli estensimetrici (DMS 3D Plus), rilevare le vibrazioni direttamente a contatto con le eventuali zone di rottura, rilevare l'andamento delle pressioni interstiziali, ecc. Le colonne multiparametriche DMS 2D-3D per le loro caratteristiche di robustezza possono essere "spinte" direttamente in foro (nello specifico utilizzando i centralizzatori e i packer HQ) in modo tale da rendere la strumentazione perfettamente solidale all'ammasso roccioso, condizione fondamentale per la qualità delle misure.*

Con il supporto della società CSG s.r.l. si sta ora valutando la tipologia da adottare con particolare riguardo alle problematiche inerenti al rumore di fondo prodotto dall'attività estrattiva per definire le soglie di allerta e l'eventuale punto significativo su cui installare un primo sensore pilota per poi implementare il sistema anche su altre fratture già monitorate con fessurimetri elettrici.

Si riporta nella pagina seguente una rappresentazione schematica del sistema di monitoraggio proposto.



## 2 Il sistema di monitoraggio DMS®-i

Il sistema DMS®-i si compone di diversi strumenti hardware e software, che consentono una gestione completa di tutto il processo di monitoraggio e di allertamento a partire dagli strumenti di misura fino ad arrivare alla visualizzazione da remoto dello stato del sistema in tempo reale.

**Più in dettaglio, il sistema di monitoraggio DMS-i comprende:**

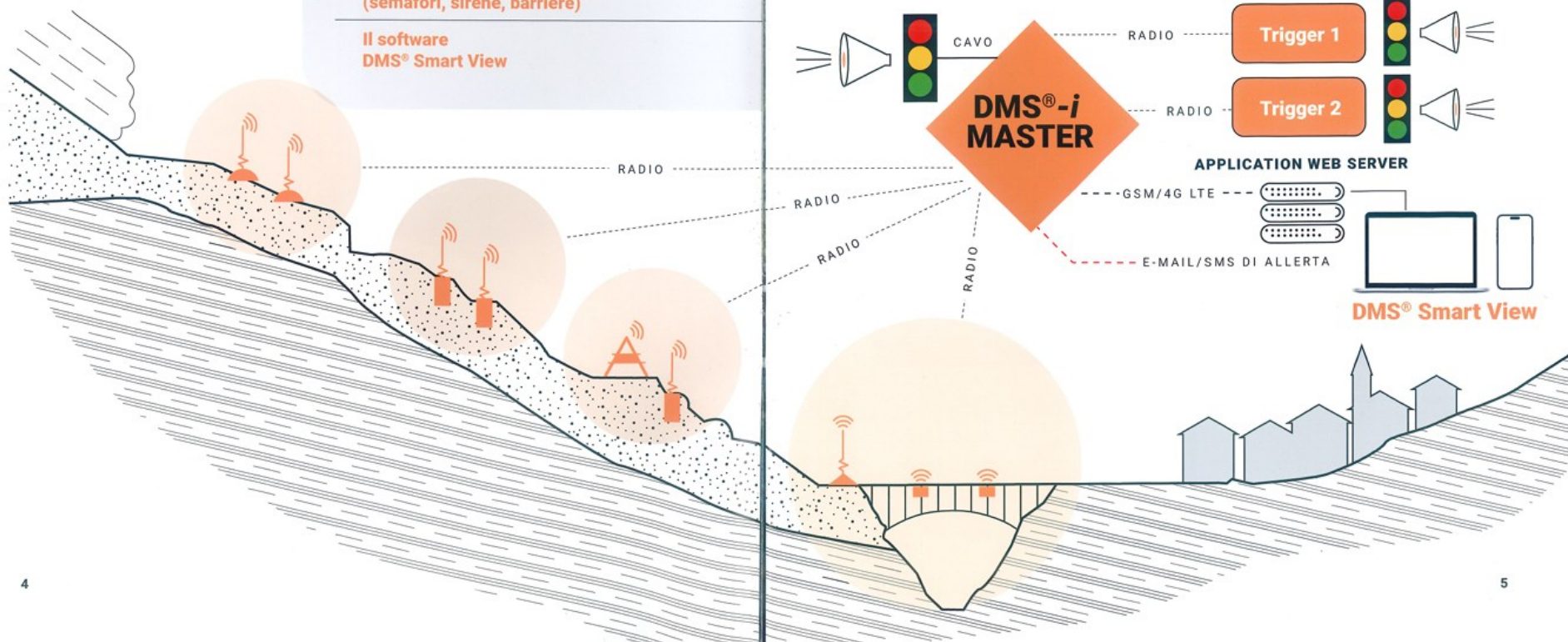
**I dispositivi sensorizzati DMS®-i (Civil, Ground, Flow, Avalanche, Scout)**

**L'unità aggregatore di dati DMS®-i Master**

**L'unità attuatore DMS®-i Trigger**

**I dispositivi di interdizione (semafori, sirene, barriere)**

**Il software DMS® Smart View**



I dispositivi di misura sono unità intelligenti e sensorizzate in grado di rilevare e comunicare via radio in automatico ed in tempo reale i propri dati ed eventuali variazioni del proprio stato.

A bordo di questi strumenti, possono essere installati tutti i principali sensori per il monitoraggio geotecnico e strutturale gestiti da un'unica scheda di controllo: sensore accelerometrico 3 assi, sensore inclinometrico 3 assi, sensore di temperatura, sensore di pressione, sensore estensimetrico, sensore GPS.

Tutti gli apparati sono dotati di modulo radio per la comunicazione con l'unità Master.

In condizioni ordinarie, gli strumenti inviano lo stato dei propri sensori all'unità Master ad intervalli predefiniti, secondo uno schema che consente di evitare collisioni di comunicazione con i messaggi inviati dagli altri strumenti connessi alla stessa rete. Periodicamente, viene anche eseguito l'invio di allarmi di test per diagnosticare la presenza di eventuali difficoltà di trasmissione al fine di garantire la funzionalità nel tempo. A cadenza prestabilita il web server scarica i dati e gli altri parametri di controllo funzionale utilizzando il modem 4G/LTE a bordo.

In caso di rilevazione di un superamento soglia da parte di uno dei sensori presenti il modulo si pone immediatamente in trasmissione sul canale allarme dedicato in modo da comunicare l'informazione tempestivamente all'unità Master.

Sarà poi il DMS-i Master a confrontare l'informazione ricevuta dal modulo in allarme con quelle eventualmente ricevute dagli altri dispositivi così da stabilire la necessità o meno di attivare i dispositivi di interdizione, qualora presenti, ad esso collegati via cavo e di diramare le comunicazioni di allarme. Allo stesso tempo comunica via radio all'unità Trigger di attivare gli eventuali ulteriori dispositivi di interdizione ad essa connessi via cavo.



