

S.S. 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **VE 14**

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Paolo Cucino
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

SWS Engineering Spa

SWSTM

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
Paolo Cucino
Dott. Ing. PAOLO CUCINO
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea Oss
Ord. Geologi Trentino / Alto Adige n° 300

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Paolo Cucino
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

MANDANTE:

Coding Srl



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De la Grennelais

GALLERIE NATURALE MONITORAGGIO

Relazione monitoraggio interno galleria

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. ANNO N. PROG.

MSVE14 E 2101

NOME FILE

T00_GN03_STR_RE01_B

CODICE ELAB.

T00GN03STRRE01

REVISIONE

B

SCALA:

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	Revisione Istruttoria	10/2021	B.SPINA	F.S.AGRESTI	P.CUCINO
A	Emissione definitiva	07/2021	B.SPINA	F.S.AGRESTI	P.CUCINO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	GENERALITA'	3
1.2	OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO	4
2	STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE DI SCAVO	8
2.1	Rilievo geologico – geostrutturale dei fronti di scavo	8
2.1.1	Rilievo di tipo analitico	8
2.1.2	Caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali	8
2.1.3	Rilievo di tipo speditivo	11
2.1.4	Rilievo di tipo speditivo-pittorico	11
2.1.5	Archiviazione dei dati geologici	11
2.2	Misure di convergenza a cinque punti	12
2.2.1	Definizione	12
2.2.2	Installazione	12
2.2.3	Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti	13
2.2.4	Sistema di acquisizione	13
2.2.5	Restituzione dati	13
2.3	Misure di estrusione estensimetriche	14
2.3.1	Installazione	14
2.3.2	Frequenza delle letture, acquisizione e restituzione dati	14

3	STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL PRERIVESTIMENTO	16
3.1	Barrette estensimetriche a corda vibrante e celle di carico	16
3.1.1	Installazione delle barrette estensimetriche a corda vibrante a saldare	16
3.1.2	installazione delle celle di carico	16
3.1.3	frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati	17
4	STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO	18
4.1	Barrette estensimetriche a corda vibrante entro il rivestimento definitivo	18
4.1.1	Installazione della strumentazione a corda vibrante entro il rivestimento definitivo	18
4.1.2	Acquisizione e restituzione dei dati	18
5	DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	20
6	CONCLUSIONI	22
7	SCHEMI DI MONITORAGGIO TIPOLOGICI	23

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITA'

Nella presente relazione viene esposto il programma di monitoraggio previsto per la galleria Naturale "S51 "di Alemagna" Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore" con codice ANAS VE014.

L'infrastruttura in oggetto sarà costituita da un asse stradale tipo C2, in variante all'attuale SS 51 "di Alemagna" che consentirà di by-passare un tratto particolarmente critico dell'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore (BL), per una lunghezza complessiva di circa 800 m.

Il progetto di attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore si inserisce nel contesto del Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

In particolare l'intervento si propone di realizzare una galleria e relativi raccordi di estremità per il superamento un nodo critico lungo l'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore, oggi di fatto regolato da senso unico alternato per effetto della sezione ristretta e della prossimità di fabbricati vincolati alla sede stradale.

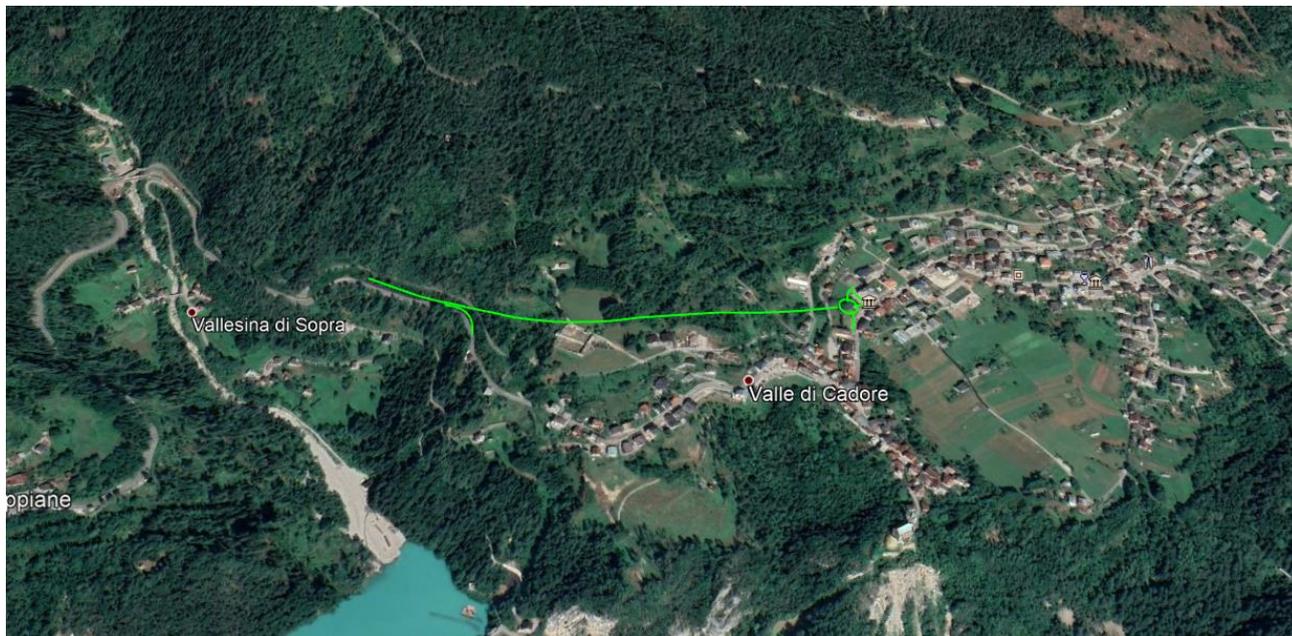


Figura 1 – Ubicazione del tracciato di progetto su vista Google Earth

Il progetto di variante all'abitato non interessa nodi rilevanti di viabilità extraurbana; in tratto sotteso interessa in sostanza alcune intersezioni a raso con viabilità comunale urbana che rimane utilmente collegata al tratto declassato che diventerà, ad opere ultimate, parte integrante della rete urbana comunale di Valle di Cadore.

L'itinerario in esame non è compreso nel sistema delle reti transeuropee dei trasporti (TEN).

Il nuovo tracciato stradale è caratterizzato per una parte considerevole da opere in sotterraneo, ed in particolare da una Galleria Naturale di lunghezza circa 620 m, comprendendo anche i tratti di imbocchi in artificiale.

In direzione Ovest, lato Cortina, la nuova infrastruttura sarà connessa all'attuale SS 51, con un'intersezione che consentirà l'uscita a raso dalla direttrice principale verso l'attuale tracciato della strada statale, prima dell'imbocco della galleria.

L'infrastruttura di progetto è completata da un innesto lato Belluno (direzione Est) costituito da una rotonda di innesto sulla SS.51 di collegamento con l'attuale tratto della stessa SS 51 in direzione Cortina, e con una viabilità locale, situata appena in uscita al tratto in galleria naturale.

Oltre alla galleria artificiale e relativi brevi tratti in artificiale, sono previste alcune opere in corrispondenza dei due svincoli / imbocchi:

- Paratia di sostegno definitiva lato monte e opera in terre rinforzate a valle, in corrispondenza dell'innesto lato Cortina;
- Paratia di sostegno definitiva lato monte e fabbricato tecnologico a servizio della galleria, in corrispondenza dell'innesto lato Belluno.

L'opera sarà completata dalle dotazioni impiantistiche ed idrauliche a supporto del tracciato stradale.

1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del monitoraggio, in accordo con il metodo ADECO-RS adottato in progettazione è quello di tenere sotto controllo l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure,

installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in:

- Strumentazione per il monitoraggio durante la fase di scavo;
- Strumentazione per il monitoraggio del privervestimento;
- Strumentazione per il monitoraggio del rivestimento definitivo;
- Stazioni di misura in fase definitiva.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

L'insieme di questi dati concorrerà alla determinazione delle grandezze necessarie per l'applicazione delle linee guida, relativamente alla definizione dell'intensità degli interventi, delle cadenze lavorative e della sezione tipo da applicare tra quelle previste in progetto.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle quantità previste per l'opera in oggetto.

Descrizione	Frequenza	Totale n°
Stazioni di misura dello stato tensionale nel privervestimento	100m	12
Barrette estensimetriche nel rivestimento definitivo	150m	10
Rilievi del fronte	Di tipo speditivo – pittorico (ogni campo di scavo) Di tipo analitico (ogni 50m)	12
Misure di convergenza a cinque punti	Ogni campo di scavo disposte sulla quarta centina	56
Misure di estrusione incrementale/estensimetrica	In corrispondenza delle sezioni speciali di monitoraggio limitatamente alle sezioni C1, C2 e C3	6

In corrispondenza del tracciato della galleria si sono individuati dei punti da attenzionare inserendo delle stazioni speciali, in corrispondenza delle quali devono essere installati tutti i monitoraggi topografici e geotecnici precedentemente descritti. Per i dettagli sulle frequenze di lettura di rimanda ai paragrafi successivi. Le progressive in cui prevedere le stazioni speciali sono le seguenti:

<i>Progressive stazioni speciali</i>	<i>Tipologia di strumentazione</i>
300	<ul style="list-style-type: none"> • Misura stato tensionale nel priverivestimento • Misure di convergenza • Misura di estrusione • Misura stato tensionale priverivestimento • Misura stato tensionale rivestimento definitivo
350	<ul style="list-style-type: none"> • Misura stato tensionale nel priverivestimento • Misure di convergenza • Misura di estrusione • Misura stato tensionale priverivestimento • Misura stato tensionale rivestimento definitivo
470	<ul style="list-style-type: none"> • Misura stato tensionale nel priverivestimento • Misure di convergenza • Misura di estrusione • Misura stato tensionale priverivestimento • Misura stato tensionale rivestimento definitivo
520	<ul style="list-style-type: none"> • Misura stato tensionale nel priverivestimento • Misure di convergenza • Misura di estrusione • Misura stato tensionale

	prinvestimento <ul style="list-style-type: none"> Misura stato tensionale rivestimento definitivo
630	<ul style="list-style-type: none"> Misura stato tensionale nel prinvestimento Misure di convergenza Misura di estrusione Misura stato tensionale prinvestimento Misura stato tensionale rivestimento definitivo
680	<ul style="list-style-type: none"> Misura stato tensionale nel prinvestimento Misure di convergenza Misura di estrusione Misura stato tensionale prinvestimento Misura stato tensionale rivestimento definitivo

2 STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE DI SCAVO

Si riporta la strumentazione adottata per il monitoraggio durante la fase di scavo. Per ogni tipologia di strumento adottato si riporta la frequenza delle stazioni e dei rilevamenti.

2.1 RILIEVO GEOLOGICO – GEOSTRUTTURALE DEI FRONTI DI SCAVO

Tali rilievi consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento.

Vengono operate le seguenti distinzioni:

- rilievi di tipo "analitico"
- rilievi di tipo "speditivo"
- rilievi di tipo "pittorico"

I rilievi di tipo speditivo dovranno essere eseguiti con le seguenti cadenze, alternando i diversi tipi di rilievo:

- Ogni 2 campi di avanzamento per la sezione tipo B1 e B2;
- Ogni campo di avanzamento per le sezioni tipo C1, C2 e C3.

I rilievi potranno essere effettuati in modalità pittorico-descrittiva anziché analitica qualora l'ammasso non presentasse particolari variazioni rispetto ai rilievi precedenti.

In ogni caso il numero di rilievi richiesti è da intendersi come numero minimo; eventuali passaggi litologici o litostratigrafici di particolare rilevanza verranno analizzati con un rilievo apposito secondo le indicazioni fornite dal progettista.

2.1.1 RILIEVO DI TIPO ANALITICO

Con questo tipo di rilievi sono determinate:

- le caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali;

2.1.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICO-STRATIGRAFICHE E STRUTTURALI

- a) Con riferimento alla litologia dell'ammasso, andranno rilevate le seguenti caratteristiche dell'ammasso:
- 1) Genesi del litotipo;
 - 2) litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche ;
 - 3) condizioni (grado e tipo di cementazione/compattezza) ;
 - 4) granulometria ;
 - 5) stato d'alterazione ;

- 6) colore;
 - 7) assetto generale dell'ammasso individuabile a scala del fronte:
 - a. stratificazione
 - b. scistosità
 - c. direzione
 - d. spessore.
- b) Andranno inoltre indicate le seguenti caratteristiche delle principali discontinuità eventualmente presenti sul fronte:
- tipo (faglia, fratture, contatto, etc.);
 - 1) localizzazione;
 - 2) giacitura (inclinazione, direzione);
 - 3) tipo di riempimento;
- c) Infine si dovranno riportare eventuali osservazioni riguardo ad esempio:
- 1) Condizioni idrauliche e venute d'acqua valutata sugli ultimi 8 -10 m di scavo;
 - 2) distacchi gravitativi;
 - 3) interventi di consolidamento e confinamento effettuati;
 - 4) varie (imprevisti, variazioni operative ecc.).

Con riferimento al punto a):

- nella descrizione delle caratteristiche di cui al punto 2, eseguita visivamente, si dovrà dare precedenza alle dimensioni ad affinità genetica o compositiva relegando ai soli casi di necessità la scelta del criterio granulometrico tessiturale. Tale considerazione risulta importante ai fini della comprensibilità delle caratteristiche primarie del materiale da cui discendono tutte le altre. Dovranno pertanto evitarsi classificazioni litologiche puramente granulometriche avulse dalle caratteristiche petrografico-composizionali.
- Il punto 3 dovrà essere descritto individuando il grado ed il tipo di cementazione e riferendosi ad una scala riconosciuta internazionale nella descrizione della compattezza.
- Le caratteristiche granulometriche (4) dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali differenziati ed affioranti sul fronte di scavo, relegando, se ritenuto necessario, ad una determinazione di laboratorio su campioni rappresentativi prelevati manualmente l'esatto contenuto granulometrico del materiale. In entrambi i casi si dovrà utilizzare la nomenclatura proposta dall'AGI.
- Il grado di alterazione (5) dovrà essere indicato secondo una delle metodologie correnti o almeno utilizzando tre gradi come per esempio: sano, mediamente alterato, completamente

alterato.

- Il colore (6) sarà riferito prevalentemente al materiale non alterato secondo una scala nota.
- La stratificazione (7) riscontrabile sul fronte sarà descritta con il maggior dettaglio possibile e misurata se possibile direttamente, altrimenti indirettamente con un fotogramma tarato (previo posizionamento di una stadia o una bindella sul metrica fronte). La descrizione della successione dovrà eseguirsi anche graficamente con la rappresentazione del fronte di scavo e dei materiali costituenti.

Con riferimento al punto b):

Per ammassi con inclusioni lapidee verranno descritte le caratteristiche mesostrutturali secondarie o rappresentate dal reticolo di discontinuità composto da faglie, fratture, diaclasi, ecc.

Il loro rilievo sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) e debitamente restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche, istogrammi statistici, ecc.).

Le caratteristiche da rilevare sono descritte al punto b):

- la tipologia e natura dei piani di discontinuità principali va descritta distinguendo se si tratta di fratture, faglie, diaclasi, indicandone in tabella e sul rilievo pittorico l'esatta localizzazione.
- La giacitura dei singoli piani di discontinuità (dip e dip direction) va rilevata mediante la bussola geologica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata.
- La spaziatura delle discontinuità va valutata mediante l'ausilio di una bindella metrica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. Sulla tabella va inoltre indicata l'apertura delle discontinuità stesse.
- Il tipo di riempimento va qualificato secondo metodi speditivi evidenziando anche la natura (argilloso, limoso, ecc.).

Con riferimento al punto c):

- la ritenzione idrica sarà stimata visivamente sul materiale e descritta con appropriati aggettivi (asciutto, umido, saturo), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza (non semplici stillicidi) dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate. In ogni caso si descriverà la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione.
- Vanno evidenziate le anomalie rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo e dovute a fuorisagoma, fornelli, distacchi gravitativi, ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicando sul rilievo pittorico l'ubicazione.
- Riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, vanno

segnalati i più significativi, riportando ad esempio il numero dei bulloni, il passo ed il tipo delle centine, relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

Tutte le informazioni di cui ai punti a), b), c), sopra descritte vanno consegnate entro la giornata in cui avviene il rilievo per le determinazioni del progettista riguardo la classificazione geomeccanica (appartenenza al gruppo, curva intrinseca, ecc.).

2.1.3 RILIEVO DI TIPO SPEDITIVO

Secondo le frequenze prima indicate e ogni qualvolta vi sia un passaggio litologico o tettonico sono richieste:

1. Caratteristiche litologiche-stratigrafiche e strutturali, che verranno valutate attraverso il rilevamento e la restituzione grafica e numerica di quanto già descritto in precedenza per i rilievi analitici, con le seguenti precisazioni:

relativamente al punto a)

- l'assetto generale dell'ammasso individuato alla scala del fronte, potrà venire valutato anche qualitativamente;
- la spaziatura delle discontinuità potrà venire valutata anche qualitativamente.

2.1.4 RILIEVO DI TIPO SPEDITIVO-PITTORICO

Esso ha la funzione fondamentale di conferma/verifica del rilievo speditivo più vicino, e si compone in sostanza di un rilievo qualitativo dell'ammasso senza il rilevamento diretto dei dati. Questo tipo di rilievo prevede la restituzione grafica delle caratteristiche principali dell'ammasso rilevabili alla scala del fronte.

2.1.5 ARCHIVIAZIONE DEI DATI GEOLOGICI

I dati relativi alle caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali, per i tipi di rilievo previsti, devono essere archiviati mediante apposito programma con elaboratore elettronico, in modo da poterne disporre in qualunque momento durante la costruzione dell'opera. L'archivio andrà costituito mediante singole schede, suddivise per singole tratte di ogni galleria in funzione degli attacchi previsti nel programma lavori, su ognuna delle quali devono essere rappresentate in opportuna scala i dati necessari con particolare riguardo a:

- nome e tratta di galleria in esame;

- coperture;
- progressive;
- sezione longitudinale;
- litotipo e litologia;
- condizioni (grado di cementazione/compattezza);
- stato (grado di alterazione);
- assetto;
- caratteristiche di discontinuità;
- osservazioni.

2.2 MISURE DI CONVERGENZA A CINQUE PUNTI

2.2.1 DEFINIZIONE

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 5 punti per ogni stazione di misura, posizionati sul rivestimento di prima fase come illustrato nello schema in allegato, ed attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione. Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri.

La convergenza del cavo si intende riferita sia al valore massimo rilevato sulle varie corde che allo spostamento, in valore assoluto, delle singole mire; verrà inoltre valutato il valore medio delle tre principali misure diametrali condotte (convergenza diametrale media).

2.2.2 INSTALLAZIONE

Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza L = 50-80 cm posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, posizionati a ridosso del fronte di scavo alla progressiva della stazione di misura. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati in termini deformativi tra spritz-beton e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori (prismi cardanici riflettenti o catadiottri), posizionati a ridosso del fronte di scavo, in particolare a circa 1.0 m dal fronte stesso.

2.2.3 FREQUENZA DELLE STAZIONI E DEI RILEVAMENTI

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo le seguenti frequenze:

- n. 1 stazione ogni campo di avanzamento disposta sulla quarta centina.
- n. 1 misura al giorno fino a una distanza dal fronte di 12 m, quindi n. 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo.

di misura viene disposta presso l'ultima centina posizionata, a circa 1m dal fronte stesso.

La lettura di riferimento ("0") andrà eseguita immediatamente e categoricamente prima del successivo sfondo parziale.

2.2.4 SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da caposaldi siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

2.2.5 RESTITUZIONE DATI

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, murette, arco rovescio e calotta...).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. È richiesta altresì una copia di tali dati anche su supporto digitale.

2.3 MISURE DI ESTRUSIONE ESTENSIMETRICHE

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti longitudinali lungo basi di misura poste all'interno di una "colonna" estensimetrica posizionata in asse galleria in avanzamento rispetto al fronte posta all'interno di un foro di sondaggio sub-orizzontale. Il tubo sarà attrezzato con anelli magnetici o di ottone posizionati ad una distanza di 1m gli uni dagli altri.

2.3.1 INSTALLAZIONE

Lo strumento necessario è un estensimetro tipo "sliding micrometer" o "sliding deformer", costituito da una serie di tubi in PVC, muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, collegati telesopicamente sino alla lunghezza voluta e resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive.

Eseguito il foro di sondaggio della lunghezza □ 48 m viene inserita la colonna, costituita da tubi in PVC preventivamente pre-assemblati in tratte di lunghezza non superiore a 6 m, completando l'assemblamento durante l'installazione. Per facilitare l'installazione dell'estensimetro può essere previsto la sostituzione della perforazione di 48 m in unica soluzione con due perforazioni consecutive purchè sia garantita una sovrapposizione di circa 24m.

E' prevista l'installazione di n°6 sezioni alla seguenti PK:

- 300
- 350
- 470
- 520
- 630
- 680

La tubazione permette la lettura degli spostamenti lungo l'asse del tubo attraverso l'inserimento all'interno del tubo di una sonda e degli spostamenti secondo il piano perpendicolare all'asse attraverso l'inserimento di un in clinometro removibile. Si effettua una misura di riferimento e si è così in seguito in grado di misurare le deformazioni nel tempo del mezzo all'interno del quale è installato il tubo.

2.3.2 FREQUENZA DELLE LETTURE, ACQUISIZIONE E RESTITUZIONE DATI

La misura va effettuata a fine campo d'avanzamento. Dopo la maturazione delle iniezioni di consolidamento e/o delle cementazioni del consolidamento al fronte del nuovo campo di scavo si procede alla lettura di riferimento prima della ripresa dell'avanzamento.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- n. 1 lettura ogni giorno, oppure una lettura ogni 3 m di avanzamento (delle due opzioni va privilegiata quella con maggior frequenza), fino a quando restano in opera almeno 24 m di tubo. Successivamente si eseguirà, se necessario, un nuovo tubo e sarà abbandonato il vecchio. Durante le lavorazioni che comportano fermi del fronte (consolidamento, arco rovescio ecc.) sarà necessario eseguire una lettura appena terminato lo scavo e una appena prima di riprenderlo.

Il sistema di acquisizione dati è composto da:

- 1 sonda della lunghezza pari a 1.00 m, composta schematicamente da due teste sferiche, da un trasduttore di spostamento di tipo induttivo e da un tubo di protezione a tenuta idraulica.

Il posizionamento della sonda deve avvenire mediante l'uso di aste che permettano di far scorrere lo strumento da una base di misura alla successiva, di ruotarlo e di mandarlo in battuta contro due ancoraggi anulari successivi, che sono muniti di sede conica.

L'accoppiamento testa sferica – ancoraggio conico deve assicurare un posizionamento della sonda con tolleranza massima di 0.02 mm/m.

- 1 centralina di lettura collegata a un calcolatore portatile che permetta l'acquisizione automatica dei dati.

Si richiede la restituzione grafica e numerica degli spostamenti relativi delle coppie di ancoraggi in funzione della profondità e la sommatoria degli spostamenti differenziali rispetto alla base più profonda ipotizzata fissa.

3 STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL PRERIVESTIMENTO

Si riporta in seguito la strumentazione adottata per il monitoraggio del prerivestimento. Si riportano le frequenze di rilevamento per ogni strumento riportato.

3.1 BARRETTE ESTENSIMETRICHE A CORDA VIBRANTE E CELLE DI CARICO

Si riporta la strumentazione fondamentale utilizzata durante il monitoraggio del prerivestimento evidenziando la tipologia d'intervento e la sua frequenza.

3.1.1 INSTALLAZIONE DELLE BARRETTE ESTENSIMETRICHE A CORDA VIBRANTE A SALDARE

Si prevede l'installazione di 3 coppie di barrette estensimetriche (1 in calotta e 2 sui piedritti) posizionate nel prerivestimento (sull'anima delle centine).

Le barrette estensimetriche sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante sono costituite da un cavo in acciaio armonico teso tra due blocchi, fissati a loro volta all'anima della centina, mediante bullonamento o resinatura.

La frequenza di vibrazione del cavo di acciaio è funzione delle deformazioni della centina nella sezione considerata.

Mediante l'applicazione della legge di Hooke ($\sigma = \varepsilon * E$) è possibile risalire allo stato tensionale presente.

Le barrette estensimetriche sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione. Strati sovrapposti di resine sono posti a protezione della parte sensibilizzata della barra per preservarne la funzionalità in caso di urti o immersione.

3.1.2 INSTALLAZIONE DELLE CELLE DI CARICO

Saranno inoltre installate 2 celle di carico al piede delle centine stesse.

La cella di carico tipo è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso e isolate.

Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella.

La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

Le celle di carico vengono impiegate al loro piede e quindi la pressione a cui esse sono sottoposte. Nel seguito vengono indicate le soglie di carico per le centine adoperate:

Profilo centine	Soglia di carico
IPN	0 – 200 ton

La frequenza d'installazione di tale strumentazione è:

- n. 1 stazione ogni 100m nelle zone per l'intero tracciato
- n. 1 stazione ogni stazione speciale.

3.1.3 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI E RESTITUZIONE DEI DATI

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire per ogni barretta estensimetrica e per ogni cella di carico relativamente alla fase di monitoraggio del priverivestimento è il seguente:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino 12 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino 36 m.
- n. 1 lettura alla settimana con il fronte a distanza maggiore di 36 m fino al getto del rivestimento definitivo.

Il sistema di elaborazione dati richiede i seguenti diagrammi e tabulati numerici dell'andamento del carico e delle tensioni in funzione del tempo ed in funzione della distanza dal fronte di scavo.

4 STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Nella presente fase di progettazione esecutiva sono stati condotti tutti gli studi previsti dalle vigenti normative in materia di opere pubbliche, supportati dalle indagini topografiche, geotecniche e ambientali necessarie ad individuare lo stato dei luoghi e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dagli scavi.

4.1 BARRETTE ESTENSIMETRICHE A CORDA VIBRANTE ENTRO IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

4.1.1 INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE A CORDA VIBRANTE ENTRO IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Si prevede l'installazione di 4 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo e si prevede inoltre l'addizione di barrette supplementari al fine di determinare la variazione della temperatura all'interno del rivestimento e gli effetti del ritiro.

E' previsto un filo d'acciaio tensionato tra due estremità fisse sul supporto da monitorare, le deformazioni del supporto modificheranno le tensioni presenti e tramite la misura della tensione si ottiene la deformazione alla quale è soggetto il supporto.

4.1.2 ACQUISIZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento e dopo una prima lettura da eseguirsi prima della maturazione dello spritz-beton, per ogni barretta estensimetrica a corda vibrante è il seguente:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino 10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino 30 m.
- n. 1 lettura alla settimana con il fronte a distanza maggiore di 30 m fino al getto del rivestimento definitivo.

La frequenza delle letture successive sarà tarata in corso d'opera. Il sistema di elaborazione dati richiede il diagramma e il tabulato numerico dei carichi e della tensione in funzione del tempo e in funzione della distanza del fronte di scavo.

Relativamente alla frequenza di installazione si rimanda al profilo geomeccanico.

5 DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure.

I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto, relativamente a spostamenti, deformazioni, tensioni).

Questi limiti sono definiti come:

Soglia di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero, in determinate circostanze, risultare incontrollabili.

Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo, tensionale più gravoso per una determinata situazione; il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto.

Di seguito si riporta una tabella contenente le soglie di attenzione e di allarme relative strumento Mire:

SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME						
SEZ.TIPO(-)	CONVERGENZA DIAMETRALE (cm)		SPOSTAMENTO MAX (cm)		INCREMENTALE. SINGOLA MIRA (mm/g)	
	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
B2	5	8	3	5	5	8
C1	6	9	4	6	5	8
C2	6	9	4	6	5	8
C3	6	9	4	6	5	8

Tali valori non sono da considerarsi in caso di interferenza edificio all'imbocco, in quanto si è già valutato nell'elaborato specifico, per cui si rimanda a quest'ultimo.

Per quanto riguarda invece le celle di carico legate ad una valutazione tensionale si seguito vengono indicate le soglie di carico per ogni centina adoperata:

Sezione tipo	Profilo centine	Soglia di carico
B2,C1	IPN 180	0 – 180 ton
C2,C3	IPN 200	0 – 200 ton

Per un maggior dettaglio relativamente alle soglie di attenzione e di allarme si rimanda agli specifici elaborati.

6 CONCLUSIONI

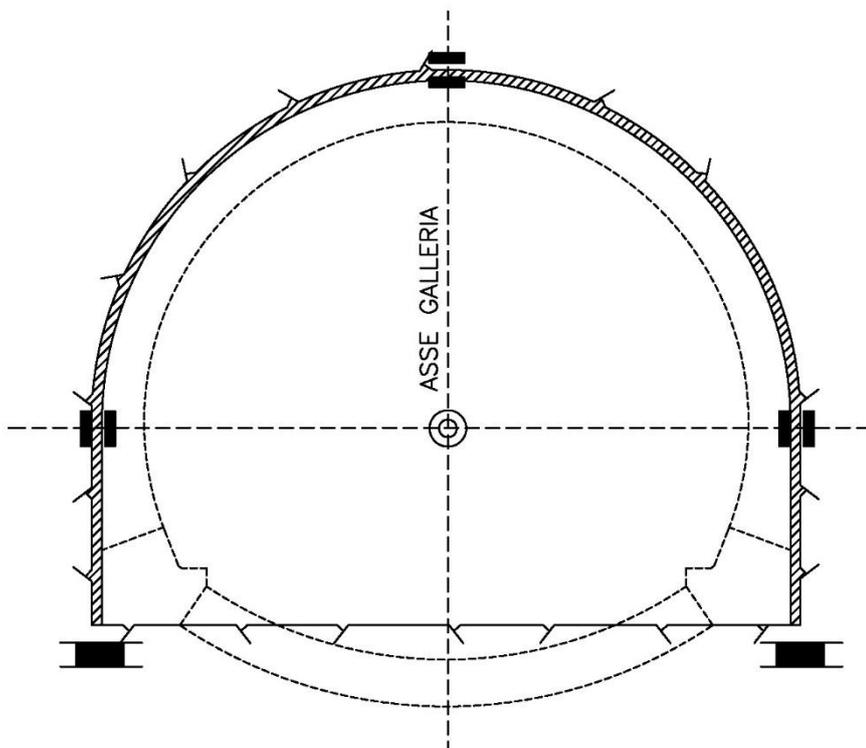
Nella presente relazione è stato descritto il programma di monitoraggio previsto per la galleria naturale Val di Cadore.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in:

- Strumentazione per il monitoraggio durante la fase di scavo;
- Strumentazione per il monitoraggio del prerivestimento;
- Strumentazione per il monitoraggio del rivestimento definitivo.

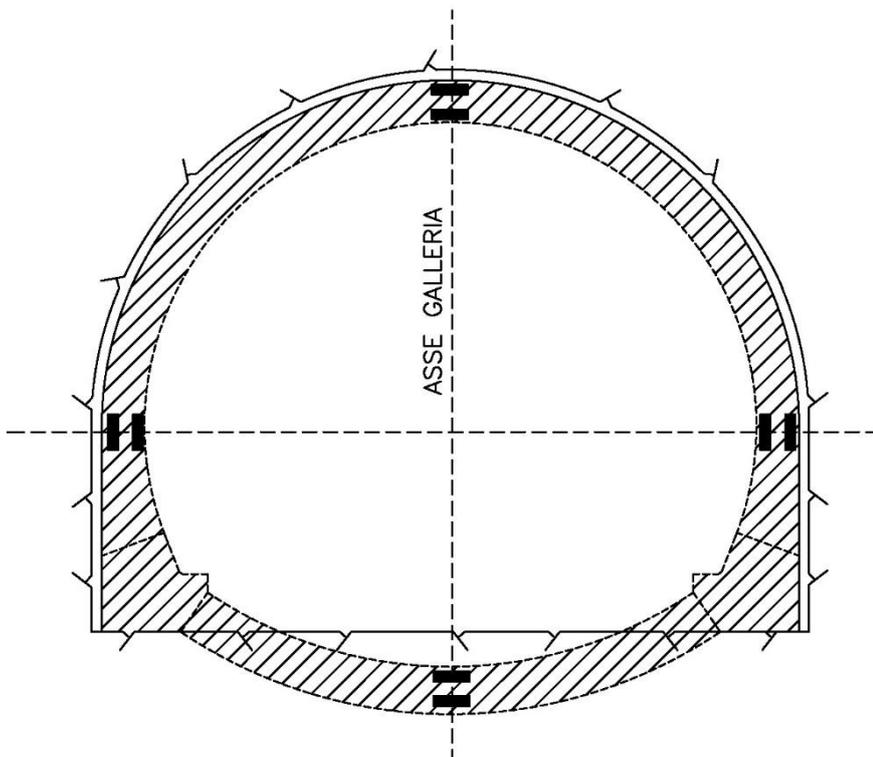
7 SCHEMI DI MONITORAGGIO TIPOLOGICI

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
rivestimento di 1° fase (provvisorio)
Sistema di misura stato tensionale
Estrusione al fronte



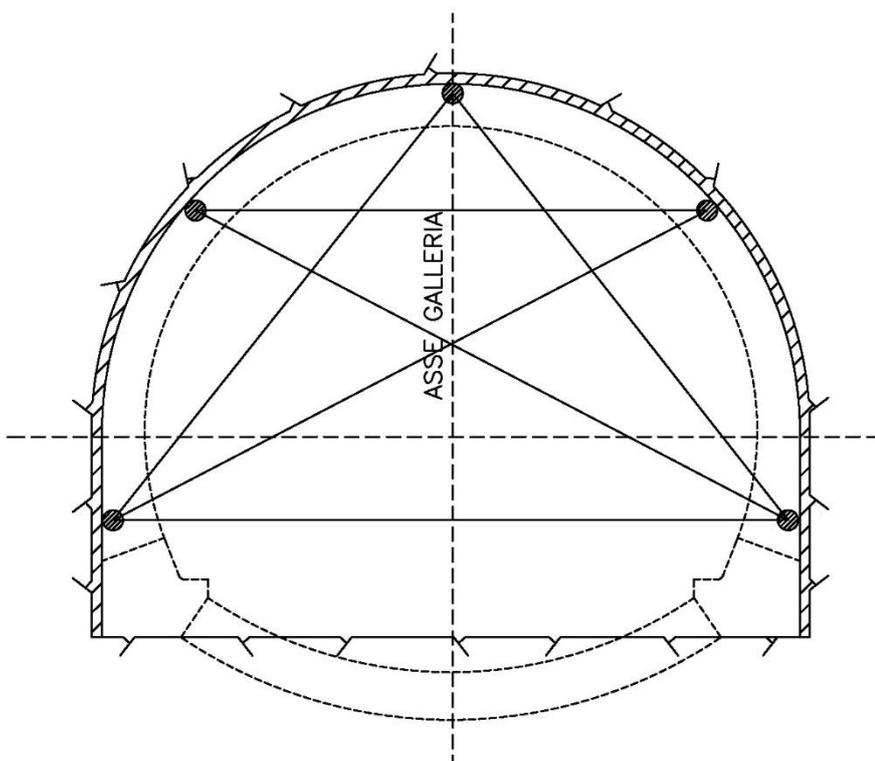
	Punto di misura estrusione al fronte
	Cella di carico a piede centina
	Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
Sistema di misura stato tensionale
nel rivestimento di 2° fase (definitivo)



 Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale
Disposizione punti di misura
per convergenze



 Punto di misura per convergenze

