

AUTOSTRADA VALDASTICO

A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

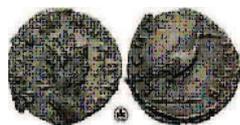
COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

RESPONSABILE DELL'INTERPRETAZIONE
TRA LE PROVAZIONI SPECIALISTICHE:
Technia S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



PROGETTAZIONE:

ROCKSOIL S.p.A.

Il Responsabile
Dott. Ing. Giovanna Cassani



ELABORATO: **OPERE D'ARTE MAGGIORI**
OPERE IN SOTTERANEO
PARTE GENERALE - GALLERIE CON SCAVO MECCANIZZATO
RELAZIONE DI MONITORAGGIO

Progressivo	Rev.
07 02 02 020	02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: --
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	ROCKSOIL - VITIELLO	AMADI	GATTI	NOME FILE: J16L1_07_02_02_020_0101_OPD_02.doc
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER VERIFICA	ROCKSOIL - VITIELLO	AMADI	GATTI	CM. PROGR. FG. LIV. REV. J16L1_07_02_02_020_0101_OPD_02
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	ROCKSOIL - VITIELLO	AMADI	GATTI	

INDICE

1	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO	3
2	MONITORAGGIO IN SOTTERRANEO (METODO DI SCAVO MECCANIZZATO)	4
2.1	INDAGINI IN AVANZAMENTO	6
2.1.1	<i>INDAGINI GEOLETTRICHE.....</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>PERFORAZIONI IN AVANZAMENTO.....</i>	<i>7</i>
2.1.3	<i>MISURE DI PORTATA IN CASO DI VENUTE D'ACQUA.....</i>	<i>9</i>
2.1.4	<i>INDAGINI SISMICHE IN AVANZAMENTO</i>	<i>10</i>
2.2	STAZIONI DI MISURA DELLE CONVERGENZE	11
2.3	SONDAGGI A CAROTAGGIO E PRELIEVO CAMPIONI PER PROVE DI LABORATORIO	14
2.4	STAZIONI DI MONITORAGGIO PRINCIPALI.....	15
2.4.1	<i>Barrette estensimetriche a corda vibrante entro il rivestimento definitivo</i>	<i>15</i>
2.4.2	<i>Installazione.....</i>	<i>15</i>
2.4.3	<i>Frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati.....</i>	<i>15</i>
2.4.4	<i>Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo.....</i>	<i>16</i>
2.4.5	<i>Installazione.....</i>	<i>16</i>
2.4.6	<i>Frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati.....</i>	<i>16</i>
2.5	MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO	17
3	MONITORAGGIO IMBOCCHI	21
3.1.1	<i>Frequenza dei rilevamenti</i>	<i>22</i>
3.2	MIRE OTTICHE	22

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO

TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

3.2.1	<i>Installazione</i>	23
3.2.2	<i>Restituzione dati</i>	23
3.3	CELLE DI CARICO.....	24
3.3.1	<i>Installazione</i>	25
3.3.2	<i>Restituzione dati</i>	26
4	MONITORAGGIO IN SUPERFICIE	27
5	LINEE GUIDA PER LA SCELTA DELLE MODALITA' DI AVANZAMENTO	29
5.1	APPLICAZIONE SEZIONI TIPO D'IMPERMEABILIZZAZIONE ED INTERVENTI D'INIEZIONE IN AVANZAMENTO	31

ALLEGATI

1 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Nell'ambito dei lavori per la realizzazione delle opere che rientrano nel progetto definitivo del 1° lotto funzionale dell'autostrada A31 Vicenza – Piovene Rocchette – Trento, (dallo svincolo di Piovene Rocchette, dove oggi termina l'autostrada, fino allo svincolo di San Pietro, al confine con la provincia di Trento), è necessario mettere in atto un programma di monitoraggio costituito da una serie di controlli in corso d'opera per verificare il comportamento tenso-deformativo degli ammassi rocciosi che saranno interessati dagli scavi e dalla realizzazione dei manufatti, paratie e rivestimenti in sotterraneo, previsti per la realizzazione delle opere di progetto, sia in relazione alle nuove opere, che in relazione a quelle eventualmente già esistenti.

In tal modo sarà possibile tarare adeguatamente gli interventi progettuali previsti mantenendosi all'interno di intervalli di deformazioni compatibili con la stabilità delle opere.

I monitoraggi oggetto della presente Relazione interessano principalmente la fase di realizzazione, con metodo di scavo meccanizzato, delle gallerie naturali previste nel presente lotto 1, e gli scavi a cielo aperto, (come le opere di imbocco), che prevedono sbancamenti con altezze importanti.

2 MONITORAGGIO IN SOTTERRANEO (METODO DI SCAVO MECCANIZZATO)

Per gli avanzamenti in sotterraneo, con metodo di scavo meccanizzato, il programma di monitoraggio previsto si articola in:

- Controllo parametri operativi della macchina;
- Indagini in avanzamento, dai fronti di scavo, mediante sistema BEAM e perforazioni a distruzione al fine di individuare con anticipo passaggi imprevisti, zone di fratturazione, cavità, venute d'acqua, etc..;
- Ispezioni geomeccaniche al fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze;
- anelli di rivestimento strumentati con barrette estensimetriche per la misura degli stati tensionali;
- eventuali sondaggi a carotaggio continuo, prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio;
- misure piezometriche e di portata delle sorgenti e misure di portata in galleria;
- monitoraggio di superficie mediante misure topografiche e delle distorsioni degli edifici (zona imbocco sud g. Cogollo).

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma predisposto. L'insieme di questi dati concorrerà alla

determinazione delle informazioni necessarie per definire le modalità di avanzamento della TBM.

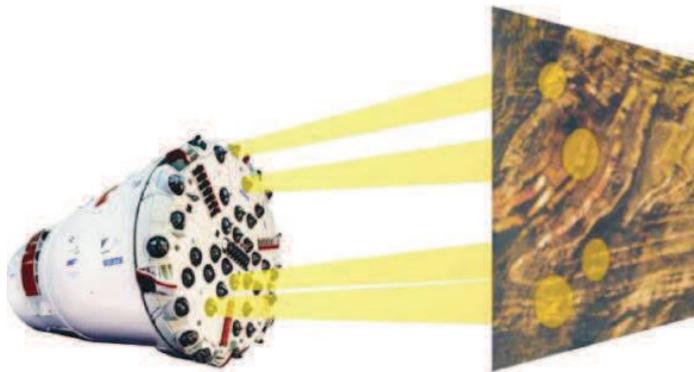
2.1 INDAGINI IN AVANZAMENTO

2.1.1 INDAGINI GEOLETTRICHE

Il contesto geologico ed idrogeologico in cui si inserisce l'opera da costruire pone alcune problematiche che è opportuno vengano identificate in anticipo rispetto al passaggio della TBM; nel dettaglio gli elementi di possibile criticità sono:

- Presenza di faglie lungo il tracciato, caratterizzate da ammassi molto fratturati e presenza d'acqua
- Presenza di settori di galleria con importanti circolazioni d'acqua, da minimizzare ai fini ambientali per le quantità d'acqua drenate
- Possibile presenza di cavità carsiche, legate a fenomeni di dissoluzione delle dolomie e dei calcari.

Al fine di individuare in anticipo queste possibili criticità si prevede che la TBM sia dotata di un sistema di indagine in avanzamento del tipo geoelettrico, tipo sistema BEAM o similare, in grado di valutare, in funzione dei valori di resistività e di porosità relativa rilevati in avanzamento, la presenza di cambi litologici, presenza di vuoti o di serbatoi di acqua. Si determina infatti in questi casi una brusca variazione dei valori rilevati; tale attività dovrà essere svolta continuamente durante lo scavo.



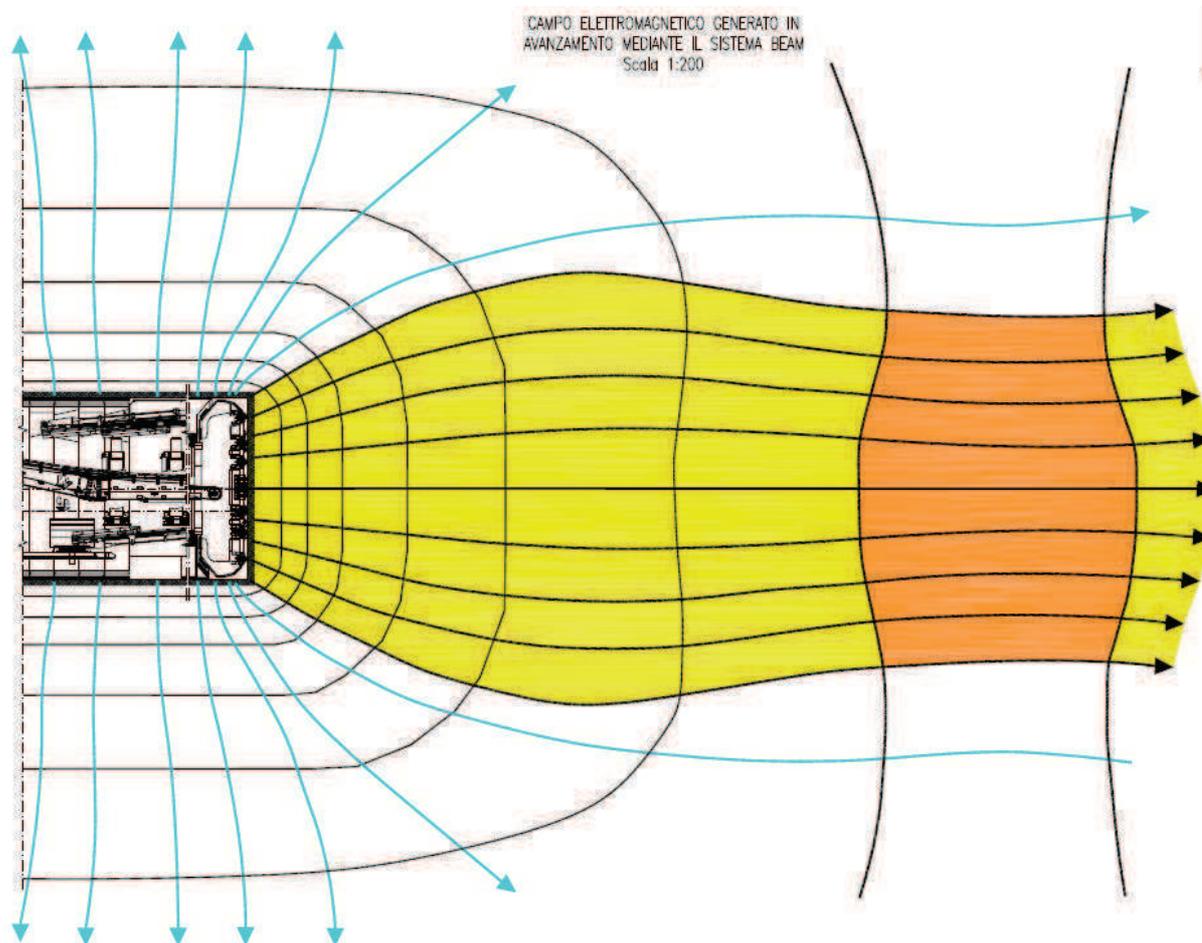


Figura 2.1 Indagini geoelettriche con sistema beam

2.1.2 PERFORAZIONI IN AVANZAMENTO

Qualora il monitoraggio con il sistema BEAM indicasse anomalie in avanzamento con particolare riferimento alla possibile presenza di abbondante acqua all'interno di zone fratturate e/o da cavità carsiche nell'ammasso, al fine di verificarne l'entità, in anticipo rispetto all'arrivo del fronte di scavo, si prevede l'esecuzione di n° 6 perforazioni in avanzamento, a distruzione di nucleo, aventi ciascuna lunghezza $L \geq 27\text{m}$.

Le caratteristiche geometriche delle perforazioni sono illustrate in dettaglio negli specifici elaborati grafici di progetto, di cui si riporta uno stralcio nelle figure seguenti

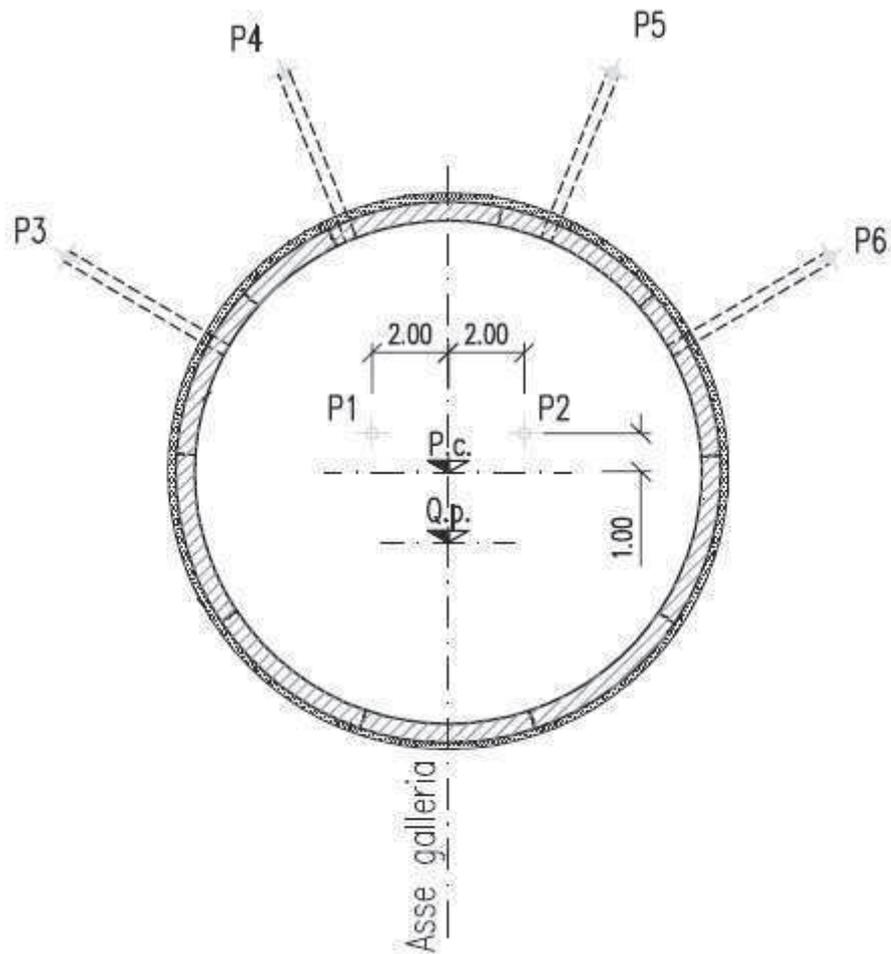


Figura 2.2 Perforazioni in avanzamento. Schema in sezione trasversale

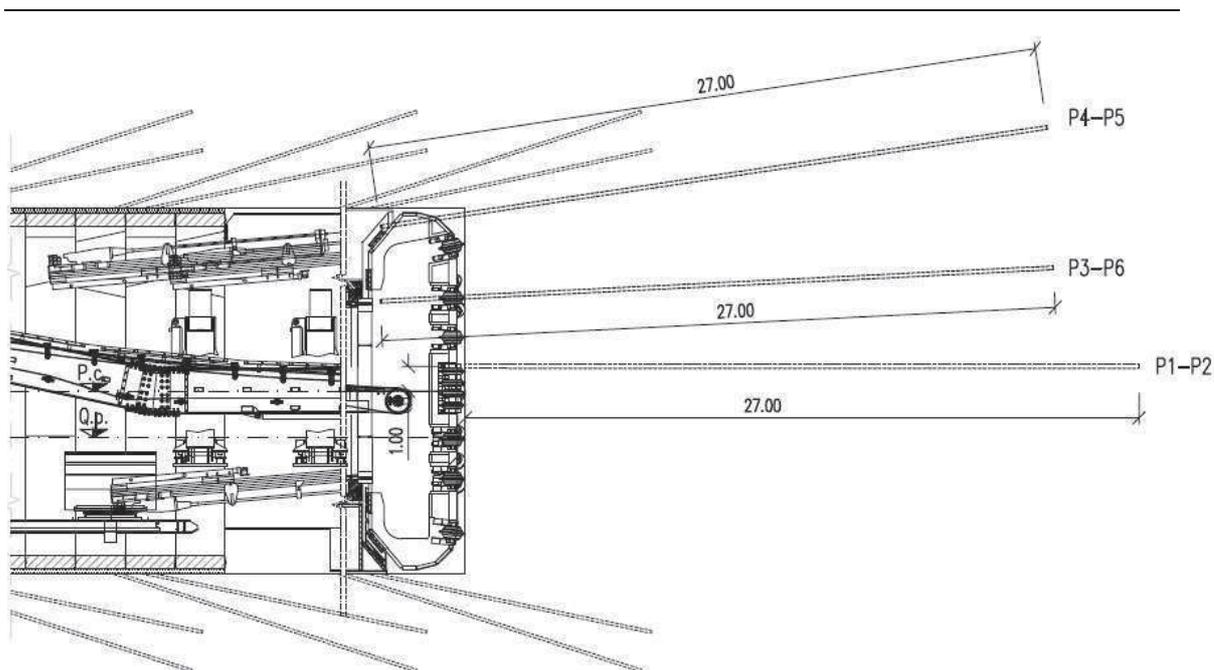


Figura 2.3 Perforazioni in avanzamento. Schema posizionamento fori – profilo

2.1.3 MISURE DI PORTATA IN CASO DI VENUTE D'ACQUA

In presenza di acqua intercettata dalle perforazioni in avanzamento sarà necessario eseguire misure di portata (mediante misuratore di portata a stramazzo nell'area prossima al fronte o con contatore a valle delle tubazioni di aggottamento delle acque e di pressione (con manometri da installarsi a bocca foro delle perforazioni in avanzamento); per le venute d'acqua significative la misurazione delle portate andrà proseguita anche in seguito al progressivo allontanamento del fronte, per una quantificazione delle venute d'acqua provenienti da ogni singola tratta (mediamente ogni 10 metri di galleria) ed anche, complessivamente, lungo tutto il cavo.

2.1.4 INDAGINI SISMICHE IN AVANZAMENTO

Inoltre, in presenza di cavità carsiche rilevate dalle perforazioni in avanzamento, saranno da prevedersi indagini sismiche in avanzamento.

Le caratteristiche geometriche delle indagini sismiche sono illustrate in dettaglio negli specifici elaborati grafici di progetto, di cui si riporta uno stralcio nelle seguenti figure.

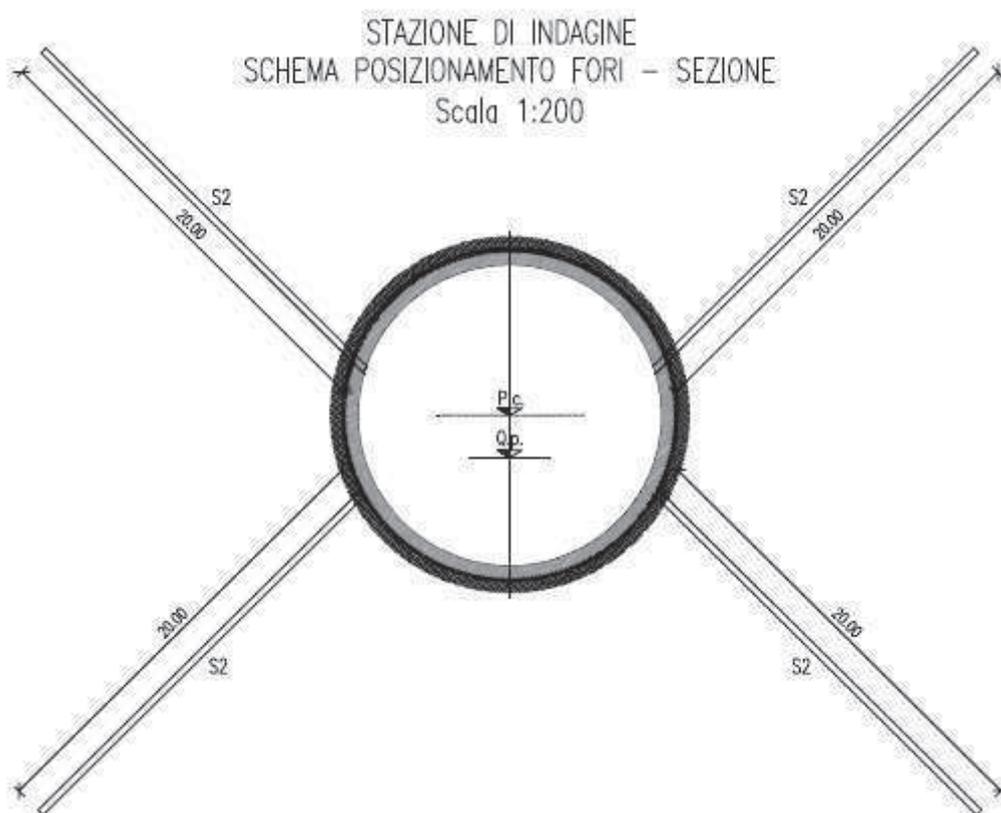


Figura 2.4 Indagini sismiche in avanzamento. Schema in sezione trasversale

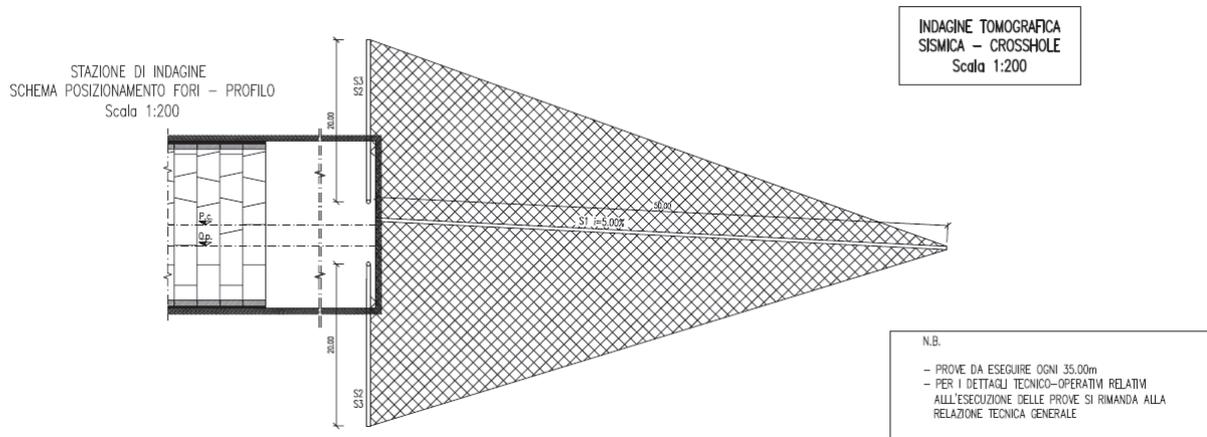


Figura 2.5 Indagini sismiche in avanzamento. Schema in planimetria

Le soluzioni progettuali da mettere in opera in seguito al riscontro di faglie, cavità, venute d'acqua, sono indicate negli specifici elaborati di progetto (vedi Relazione Tecnica, Idrogeologica ed Elaborati grafici).

2.2 STAZIONI DI MISURA DELLE CONVERGENZE

Il progetto prevede una sistematica verifica in corso d'opera, durante la fase di scavo delle gallerie, della risposta deformativa dell'ammasso e delle strutture di rivestimento nei confronti delle condizioni geomeccaniche effettivamente incontrate nella galleria, consentendo la taratura delle tecnologie esecutive e l'affinamento delle soluzioni progettuali adottate.

Per condurre questo lavoro, che rappresenta una vera e propria appendice della progettazione, è necessario disporre lungo il tracciato della galleria di un congruo numero di sezioni strumentate, per poter raccogliere i dati sul comportamento del sistema statico costituito dai rivestimenti e dall'ammasso roccioso.

I dati così raccolti, permetteranno sia il controllo diretto e quanto più possibile immediato degli effetti dell'avanzamento della galleria, verificando che i valori di tensione e deformazione instauratisi siano compatibili con gli interventi adottati, sia l'estrapolazione degli stessi, in particolare quelli provenienti dai primi avanzamenti, anche per le tratte di galleria ancora da scavare.

Per fare sì che i dati provenienti dai controlli in corso d'opera siano da considerarsi attendibili e comunque facilmente controllabili, è necessario che:

- le strumentazioni impiegate siano affidabili
- le strumentazioni impiegate siano poste in opera correttamente
- l'installazione degli strumenti sia documentata accuratamente
- le strumentazioni impiegate siano tra loro differenziate
- le grandezze misurate siano tra loro facilmente correlabili
- le sezioni strumentate siano poste in opera in numero congruo
- le sezioni strumentate siano accuratamente documentate da un punto di vista geologico-geomeccanico
- le letture siano condotte secondo un programma preciso
- i dati raccolti siano presentati in modo organico e facilmente interpretabile.

In particolare, le stazioni di misura delle convergenze, e comunque della risposta deformativa del cavo, 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 lungo il profilo della sagoma della galleria (2 sui piedritti, 2 sulle reni, 1 in chiave calotta) e attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione. Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza $L = 80$ cm infissi nel rivestimento, 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. 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 convergenza del cavo si intende riferita al valore medio delle tre misure diametrali condotte, con riferimento a quanto riportato nella seguente figura.

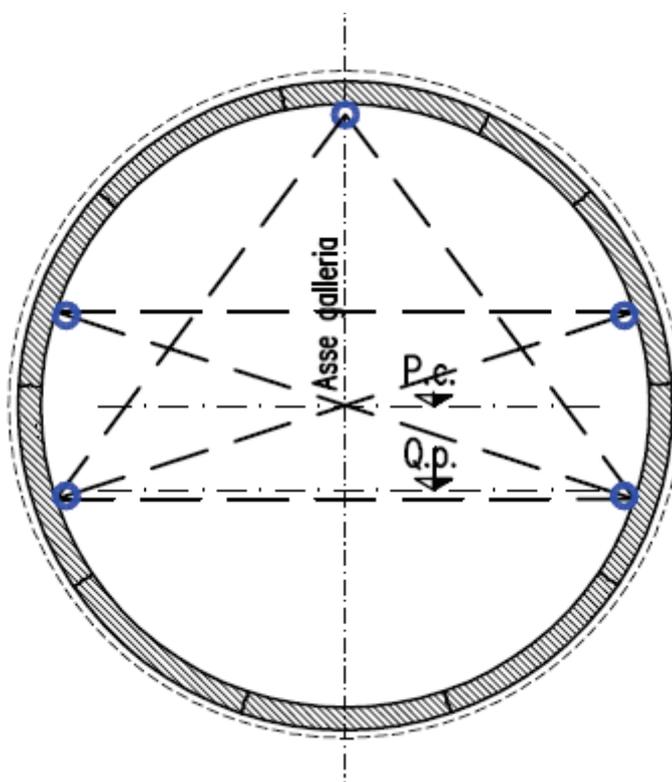


Figura 2.6: stazioni di convergenza

$$\text{Convergenza diametricale media} = (\text{corda1} \div 5 + \text{corda1} \div 4 + \text{corda2} \div 5) / 3$$

Sarà importante, in corso d'opera, rispettare l'ubicazione delle mire secondo lo schema illustrato in figura, in caso contrario i valori di convergenza rilevati non sarebbero confrontabili con i valori progettualmente attesi e perderebbero di significato.

Le sezioni di monitoraggio e le relative frequenze di lettura verranno definitive in fase esecutiva, scegliendo tra le sone più critiche e rappresentative.

Dovrà essere indicato l'andamento nel tempo del fronte di scavo e della posa dei conci, in modo da poterle mettere immediatamente in relazione con le convergenze misurate.

2.3 SONDAGGI A CAROTAGGIO E PRELIEVO CAMPIONI PER PROVE DI LABORATORIO

In particolari contesti in cui si ritenga necessario un approfondimento di indagine, è da prevedersi l'esecuzione di eventuali sondaggi a carotaggio e/o l'eventuale prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

In generale ogni 500/600 m di galleria e comunque qualora si evidenzino ai fronti di scavo diversità sostanziali rispetto alle previsioni progettuali, si prevede la realizzazione di N° 1 sondaggio a carotaggio continuo L= 30 ma ca. su cui prelevare n° 5 campioni per eseguire prevalentemente prove di laboratorio di compressione semplice. I campioni da sottoporre alle prove di laboratorio potranno essere prelevati dalle carote estratte dai sondaggi sopra citati, o direttamente in prossimità dei fronti di scavo.

Sui campioni raccolti nella tratta scavata in roccia verranno eseguite anche prove di fresabilità.

2.4 STAZIONI DI MONITORAGGIO PRINCIPALI

Le stazioni principali, permettono la misurazione dello stato tenso-deformativo dell'ammasso vicino e lontano dallo scavo appena eseguito, dell'estensione della eventuale zona di plasticizzazione e della sua evoluzione nel tempo. Permette inoltre di misurare lo stato tenso-deformativo dei rivestimenti definitivi.

2.4.1 BARRETTE ESTENSIMETRICHE A CORDA VIBRANTE ENTRO IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

2.4.2 INSTALLAZIONE

Si prevede l'installazione di 4 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo e si prevede inoltre l'adozione di barrette supplementari, disposte longitudinalmente, al fine di determinare la variazione della temperatura all'interno del rivestimento.

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.

2.4.3 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI E RESTITUZIONE DEI DATI

Il numero minimo dei rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento, sarà in funzione dell'avanzamento della TBM, con letture più ravvicinate appena dopo la posa dei conci e letture a cadenza bisettimanale o mensile a galleria realizzata, al fine di controllare la stabilità a breve e lungo termine e l'evoluzione delle sollecitazioni.

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- deformazioni (micro ϵ) in funzione del tempo e in funzione della distanza dal fronte di scavo (per gli estensimetri a corda vibrante);

Ad ognuno dei grafici funzione del tempo dovrà essere associato un grafico che riporti il graduale avanzamento nel tempo della TBM.

La restituzione dei dati deve avvenire sia su formato cartaceo, che tramite supporto informatico in formato testo ed excel.

2.4.4 MIRE E PRISMI OTTICI SUL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale di 4 punti per ogni stazione di misura posizionati sul rivestimento definitivo ed attrezzati con mire ottiche, o preferibilmente microprismi ottici, rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

2.4.5 INSTALLAZIONE

I prismi ottici dovranno essere ancorati solidalmente al rivestimento definitivo, nella sezione da monitorare, rispettando la disposizione indicata negli elaborati grafici di progetto.

2.4.6 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI E RESTITUZIONE DEI DATI

La lettura di zero viene eseguita dopo l'installazione dei conci.

Successivamente l'intensità delle letture sarà la seguente:

- 1 misura alla settimana per il primo mese

-
- 1 misura al mese fino al termine dei lavori

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 caposalda siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza ± 2 mm.

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo degli spostamenti verticali e trasversali, dell'andamento della deformata, della velocità di convergenza e delle fasi esecutive principali.

2.5 MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO

Sarà da prevedersi un monitoraggio finalizzato alla misura delle portate e delle caratteristiche qualitative delle venute d'acqua sia in galleria che in superficie mediante il controllo dei piezometri, pozzi sorgenti e corsi d'acqua ubicati in un intorno significativo dell'opera (circa 1 Km a cavallo del tracciato delle gallerie).

Al fine di effettuare le necessarie correlazioni tra le variazioni piezometriche e le lavorazioni in sottterraneo e quindi verificare e/o tarare il modello idrogeologico di progetto nonché consentire di tarare i valori di soglia delle grandezze idrauliche da tenere sotto controllo in superficie e in galleria, risulterà necessario effettuare le seguenti misure:

- Un monitoraggio ante – operam rilevando, per un periodo di almeno un anno prima dell'inizio delle lavorazioni di costruzione dell'opera, i valori di portata di pozzi e sorgenti ed i livelli di falda nei piezometri. La frequenza di misura dovrà essere tale da consentire uno studio di correlazione tra i livelli di falda e gli eventi meteorici. A tale scopo si propone di attrezzare i piezometri con trasduttori elettrici in modo tale da consentire una acquisizione con cadenza settimanale; i piezometri utili per tale monitoraggio saranno tutti quelli

attualmente funzionanti e alcuni piezometri integrativi già previsti nel PMA. Si propone altresì, compatibilmente con la possibilità di accesso e registrazione dei dati, di consentire un monitoraggio delle portate con frequenza settimanale/quindicinale, anche per tutte o alcune delle seguenti sorgenti, utilizzate a scopo potabile che, dalle analisi condotte nella Relazione Idrogeologica sono risultate, senza considerare l'effetto degli interventi progettuali finalizzati a minimizzare l'impatto idrogeologico, con rischio di impatto medio-alto: Sorgente e pozzi Rutello, sorgente Pedescala, Bellasio per Righele, Pozzo Veronica, sorgenti Valpegara; si aggiungano anche i Pozzi Scalini 1 e 2, per i quali, pur essendo caratterizzati da rischio di impatto basso, è richiesto un monitoraggio dalle prescrizioni CIPE. Per tutti gli altri punti d'acqua si manterrà comunque una frequenza di misura almeno mensile.

- Saranno anche registrate le principali caratteristiche qualitative delle acque quali temperatura (dell'acqua e dell'aria al momento del prelievo), conducibilità elettrica, pH etc., con eventuali analisi sul chimismo se disponibili.
- Un monitoraggio durante la fase costruttiva, rilevando i valori di portata delle venute d'acqua significative in galleria e la portata di pozzi, sorgenti nonché i livelli piezometrici, secondo le seguenti frequenze.
 - In galleria: misura quotidiana delle venute d'acqua significative
 - In superficie:
 - Frequenza settimanale quando la sorgente/pozzo è ad una distanza dal fronte e dal tratto di galleria non rivestito > del Raggio di influenza R_t , valutato per ciascuna risorsa idrica (estensione orizzontale, da asse tracciato, della zona in cui si può verificare depressione della falda). Cautelativamente verrà preso il valore di R_t valutato senza considerare gli interventi

progettuali di mitigazione – vedi figura 8.8 della Relazione Idrogeologica). Frequenza di due-tre misure a settimana quando la distanza sopra descritta è $< R_t$

- Per i piezometri, la frequenza sarà settimanale quando la distanza tra piezometro e fronte galleria o tratto non rivestito è $>750m$ e di due-tre letture a settimana se tale distanza è $<750m$.

A tale proposito tutti i piezometri saranno attrezzati con trasduttori elettrici.

Ove possibile saranno anche registrate le principali caratteristiche qualitative delle acque quali temperatura (dell'acqua e dell'aria), conducibilità elettrica, pH etc..

- Sarà inoltre da prevedersi anche un monitoraggio post-operam, prolungato per almeno 2 anni, al fine di consentire un confronto con le condizioni ante-operam.

I punti d'acqua da monitorare, indicativamente scelti nell'ambito di un intorno significativo dell'opera (circa 1 Km a cavallo del tracciato), saranno quelli presi in esame per la valutazione delle condizioni di vulnerabilità degli stessi, nella Relazione Idrogeologica, valutando comunque, in accordo con le ARPA locali, la necessità di ulteriori ampliamenti/approfondimenti nella loro definizione, secondo i seguenti criteri, in ordine di priorità:

1. presenza di una pericolosità d'isterilimento;
2. sorgenti captate e loro utilizzo;
3. portata più elevata;
4. vicinanza con le opere in progetto;
5. contesto idrogeologico.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO

TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

3 MONITORAGGIO IMBOCCHI

In corrispondenza delle opere di imbocco si prevede la predisposizione di un piano di monitoraggio finalizzato al controllo dei fenomeni deformativi indotti dagli scavi per la realizzazione delle opere.

La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni delle paratie; al fine di verificare la rispondenza con le previsioni di progetto e validare le assunzioni geotecniche in termini di caratterizzazione geotecnica e spinte sulle opere;
- tassi di lavoro dei tiranti di ancoraggio; al fine di verificare l' idoneità degli interventi di contrasto secondo le previsioni di progetto e di verificarne la funzionalità ed efficacia;
- deformazioni superficiali del terreno, mediante riferimenti topografici; finalizzato a misurare i fenomeni di cedimenti sui versanti a tergo degli imbocchi.

A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- targets topografici per la rilevazione degli spostamenti della paratia;
- celle di carico toroidali per la rilevazione del tasso di lavoro delle teste dei tiranti e per la loro evoluzione nel tempo;

L'installazione degli inclinometri e la lettura dei rispettivi dati dovrebbe preferibilmente precedere di almeno sei mesi l'attivazione dei lavori (monitoraggio ante-operam); quelle relative agli altri strumenti procederanno contestualmente alla progressione dei lavori degli imbocchi.

La disposizione geometrica delle mire ottiche, delle celle di carico e della strumentazione inclinometrica, è indicata nel dettaglio, per le opere di imbocco di ciascuna galleria, nei relativi elaborati grafici.

3.1.1 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI

La cadenza della misure è quella di seguito elencata:

- Durante le fasi di abbassamento dello scavo fino alla quota di imposta, una lettura al giorno durante le fasi di ribasso in senso stretto ed il primo giorno successivo alle stesse e una lettura a settimana durante l'esecuzione di tiranti, drenaggi, consolidamenti in genere;
- una lettura al giorno, (riconducibile a una-due letture alla settimana nel caso di valori sostanzialmente stabili), durante le fasi di realizzazione della dima.
- Una lettura al giorno durante l'avanzamento dei primi 30 metri di galleria naturale;
- Lettura di verifica, con frequenza mensile (eventualmente intensificata in funzione della risposta deformativa registrata), fino al getto della galleria artificiale.

Si descrivono di seguito le caratteristiche salienti della strumentazione sopra descritta:

3.2 MIRE OTTICHE

Le opere di sostegno dovranno essere strumentate attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento topografici.

I riferimenti topografici saranno scelti in modo da garantire una precisione di misura di ± 1 mm, in funzione della posizione e della distanza di lettura.

3.2.1 INSTALLAZIONE

L'installazione dei riferimenti di misura topografica dovrà essere realizzata secondo le consuete procedure in funzione della tipologia scelta, previo tracciamento topografico delle posizioni di installazione.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). I capisaldi di riferimento dovranno essere in posizione stabile, scelta in modo tale che i capisaldi non risentano delle operazioni di scavo della paratia. Eventuali spostamenti dei capisaldi dovranno essere minimi e comunque controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

I caposaldi di riferimento dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia e controllati periodicamente in modo da accertare la loro condizione di stabilità

3.2.2 RESTITUZIONE DATI

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti in testa alla paratia nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico: $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

3.3 CELLE DI CARICO

Le celle di carico devono essere disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni. Le celle devono essere dotate di target ottici per la misura degli spostamenti che eventualmente potranno subire.

Nel caso in esame dovranno essere disposte celle di carico di tipo toroidale, alloggiare tra la piastra di ripartizione e la testa di ancoraggio del tirante

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- Un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale di misura 4-20 mA;
- Una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- Un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, i quali variando il loro valore di resistenza generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le principali caratteristiche tecniche delle celle di carico per bulloni strumentati sono le seguenti:

- Campo di misura, 0 ÷ 600 kN
- Sovraccarico ammissibile, 150 % f.s.
- Segnali in uscita, 4 ÷ 20 mA
- Precisione globale, < 0.5 % f.s.
- Deriva termica di zero, < 0.01 % f.s./°C
- Campo di temperatura, -10 ÷ +50 °C

3.3.1 INSTALLAZIONE

Le celle vanno inserite nel punto di rilevamento del carico ponendo particolare cura affinché le due superfici d'appoggio della cella risultino piane e non deformabili, così che il carico sia trasferito correttamente alla cella.

La superficie di contatto cella – piastra di ripartizione deve essere perfettamente piana e per garantire una sufficiente rigidità è necessario che la cella di carico appoggi su una piastra d'acciaio di spessore opportuno e di diametro superiore a quello della cella.

Analogamente, sull'altra superficie della cella, per le stesse ragioni, viene installata una piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

Lo strumento sarà installato con la seguente procedura:

- Spianare e lisciare la superficie di contatto all'interno del foro predisposto per il tirante da strumentare;
- Appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta, collegare il cavo strumentale al pannello di centralizzazione e installare la piastra di distribuzione;
- Iniziare le operazioni di tesatura del tirante, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantire la perfetta planarità della cella e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici restituiti dalla cella;
- Procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

In aggiunta alle suddette celle di carico, andrà installata una cella termometrica, per la misura delle variazioni di temperatura dell'aria.

3.3.2 RESTITUZIONE DATI

Contemporaneamente alle letture dei carichi si dovranno eseguire le misure con cella termometrica.

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo;
- Variazioni di carico rispetto alla temperatura.

4 MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

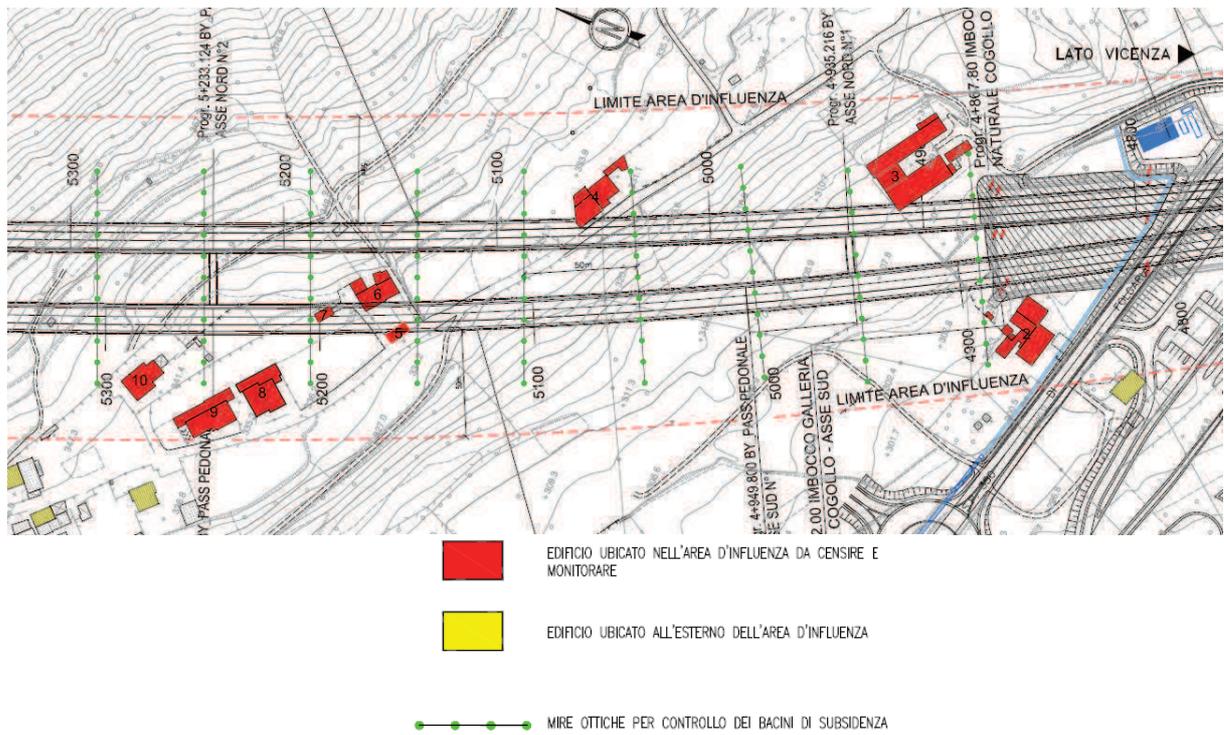
Per i primi 400m circa dall'imbocco sud la TBM scaverà in detrito e passerà al di sotto di alcuni edifici, mantenendo una copertura tra i 5 e i 50m.

Al fine di monitorare l'impatto dello scavo sulle preesistenze a piano campagna è previsto uno specifico piano di monitoraggio topografico, che consente il controllo plano-altimetrico dell'area potenzialmente interessata dall'abbassamento. Ciò, evidentemente, si rende necessario se al di sopra dello scavo di una galleria è presente un fabbricato o una strada, o una qualsiasi opera pre-esistente e se le coperture sono tali da far temere una ripercussione fino in superficie della risposta deformativa che si registrerà all'interno del cavo (o durante le fasi di ribasso della paratia di imbocco).

Tale monitoraggio può essere ottenuto mediante una stazione di misura che acquisisce le letture degli eventuali movimenti di una maglia di punti di misura (microprismi) disposti lungo sezioni parallele e ortogonali all'asse della galleria. Tali microprismi potranno essere posizionati su pilastri in cls appositamente preparati o su barre metalliche adeguatamente infisse nel terreno. I componenti principali di tale stazione sono:

- una stazione di misura dotata di sistema di puntamento (eventualmente automatico) del prisma e misura della distanza con distanziometro coassiale elettronico;
- un insieme di prismi per i punti da monitorare;
- un insieme di prismi per capisaldi;
- software topografico per l'analisi dei dati e la restituzione grafica degli stessi e per il controllo degli strumenti.

Oltre alla strumentazione disposta sul terreno, sugli gli edifici maggiormente influenzati dallo scavo è prevista l'installazione di mire o prismi e di clinometri, al fine di monitorare in modo dettagliato cedimenti e distorsioni della struttura.



SCHEMA TIPOLOGICO MONITORAGGIO EDIFICI

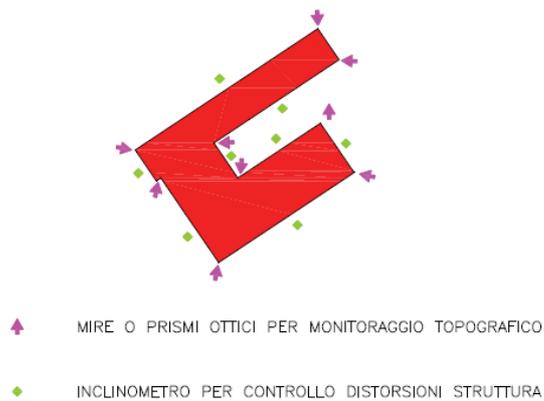


Figura 4.1 – Monitoraggio topografico di superficie

5 LINEE GUIDA PER LA SCELTA DELLE MODALITA' DI AVANZAMENTO

Nella tabella seguente vengono sintetizzate le linee guida per passare dalla modalità di avanzamento a fronte chiuso EPB (tratto in detrito lato sud e zona di passaggio detrito vulcaniti) o fronte aperto (vulcaniti e dolomia principale), nonché quelle che regolano l'utilizzo dei conci di rivestimento TIPO 1 con cls C 35/45 (tratti in roccia compatta) e TIPO 2 con cls C 45-50 (tratti in faglia o zone di passaggio).

L'applicazione delle suddette linee guida avverrà attraverso la verifica in corso d'opera delle caratteristiche geomeccaniche del fronte attraverso apposite ispezioni.

Modalità di avanzamento	Conci tipo	Campo di Applicazione				
		CONTESTO GEOMECCANICO	GRUPPO GEOMECCANICO	CLASSE	RMRC min-max	GSI min-max
Fronte aperto	TIPO 1	Ammasso sano e compatto in Vulcanite e Dolomia Principale	1A	III	50-60	55-65
		Ammasso sano poco fratturato in Vulcanite e Dolomia Principale	1B	III	40-50	45-55
		Ammasso da poco a mediam. fratturato ed alterato in Vulcanite e Dolomia Principale	2A	IV	35-40	40-45
	TIPO 2	Ammasso alterato e/o in faglia (damage zone)	2B	IV	25-30	35-40
		Ammasso in faglia (core zone)	3A	IV-V	15-25	25-35
Fronte chiuso		Detriti in zona d'imbocco	-	-	-	-

Tabella 1 – Sintesi campo di applicazione modalità di avanzamento

5.1 APPLICAZIONE SEZIONI TIPO D'IMPERMEABILIZZAZIONE ED INTERVENTI D'INIEZIONE IN AVANZAMENTO

Allo scopo di evitare significativi impatti idrogeologici sul territorio in termini di abbattimento delle falde, si dovranno prevedere i seguenti interventi progettuali:

- 1) Esecuzione di prospezioni in avanzamento qualora il sistema BEAM avesse individuato anomalie da correlarsi all'eventuale presenza di significative venute d'acqua (n° 6 perforazioni in avanzamento, a distruzione di nucleo, aventi ciascuna lunghezza $L \geq 27\text{m}$ e sovrapposizione $s \geq 9\text{m}$) sulle quali, nel caso, dovranno essere predisposte misure di portata e di pressione;
- 2) Qualora da tali perforazioni si registri complessivamente una portata emunta complessiva pari a **Q= 3-4 l/sec** (corrispondente ad una Q= 10 l/sec su 10 m di galleria) dovranno essere eseguiti opportuni interventi mediante iniezioni d'impermeabilizzazione in avanzamento, secondo quanto descritto negli specifici elaborati progettuali;
- 3) Qualora la portata emunta per 10 m di galleria risulti essere **Q> 1 l/sec** si procederà alla messa in opera della sezione d'impermeabilizzazione full-round TIPO 2;
- 4) Qualora la pressione idraulica misurata con appositi manometri nelle perforazioni in avanzamento risulti essere **P> 5 bar**, dovranno essere posti in opera conci di TIPO 2 (C 45/50).

Secondo quanto analizzato ed illustrato in dettaglio nella Relazione Idrogeologica (vedi capitolo 8 *Impatti sulle risorse idriche*, capitolo 9 *Soluzioni previste al fine di inibire il drenaggio nei contesti critici*, e capitolo 10

considerazioni in merito all'efficacia delle soluzioni progettuali previste per mitigare l'impatto sulle risorse idriche), per tutte le sorgenti, a seguito della messa in opera delle soluzioni progettuali finalizzate a mitigare il drenaggio, risulta una probabilità di isterilimento/depauperamento trascurabile, con raggi di influenza decisamente inferiori rispetto alle distanze tra sorgente e galleria.

A scopo cautelativo, si definiscono di seguito i valori di soglia delle grandezze idrauliche, da tenere sotto controllo anche in superficie, (oltre ai valori di soglia sopra definiti per le misure in galleria), utili per una verifica e eventuale taratura degli interventi progettualmente previsti, nel corso d'opera.

	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Pozzi e sorgenti	Quando la sorgente o pozzo, entrata nella zona in cui la distanza dal fronte di scavo o dal tratto di galleria non rivestito è < R_t registra una riduzione di portata pari al 10% - 20% rispetto alle misure immediatamente precedenti.	Quando la sorgente o pozzo, entrata nella zona in cui la distanza dal fronte di scavo o dal tratto di galleria non rivestito è < R_t registra una riduzione di portata > 20% rispetto alle misure immediatamente precedenti.
Piezometri	Quando il piezometro entrato nella zona in cui la distanza dal fronte di scavo o dal tratto di galleria non rivestito è < 750m ca. registra una riduzione del livello di falda, di 1 - 1.5m rispetto alle misure immediatamente precedenti.	Quando il piezometro entrato nella zona in cui la distanza dal fronte di scavo o dal tratto di galleria non rivestito è < 750m ca. registra una riduzione del livello di falda, di almeno 2m rispetto alle misure immediatamente precedenti.

Al superamento delle soglie di attenzione si dovrà provvedere ad una intensificazione delle frequenze di lettura delle portate e dei livelli di falda sia in galleria sia in superficie, nonché ad un confronto di quanto registrato dalle risorse idriche che evidenziano valori di soglia di attenzione, con le altre sorgenti dell'area, più distanti dal cavo, nonché con il regime pluviometrico del periodo, per verificare se effettivamente il raggiungimento dei valori di soglia può essere attribuibile al drenaggio indotto dalla galleria.

Al superamento dei valori di soglia di allarme, occorre procedere prontamente, in funzione del caso specifico in esame, ad intensificare gli interventi di mitigazione del drenaggio, adottando gli strumenti già previsti in progetto, (incrementando ad esempio, intensità e/o frequenza degli interventi di impermeabilizzazione in avanzamento).