

S.S. 67 "Tosco Romagnola"  
Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la  
località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di  
Dicomano.  
Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. FI462

PROGETTAZIONE:  
RAGGRUPPAMENTO  
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



**sinergo**



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl  
Ordine Geologi della Lombardia n. 762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



**14 - GALLERIE**

**14.01 - Galleria Montebello**

Parte Generale

Monitoraggio - Relazione tecnica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	P01-GN01-GEN-RE03-A .pdf			
ACNO01113	D 20	CODICE ELAB.	P01GN01GENRE03	A	R
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	02/2024	BELLINI	RIVOLTINI	FORMICHI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	2 di 35
			Data 10/2023	

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
1.1	Descrizione generale dell'intervento .....	4
1.2	Galleria naturale Montebonello .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
2.1	Elaborati progettuali.....	6
2.2	Normative e Linee guida di riferimento .....	6
3	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO – OPERE IN SOTTERRANEO.....	7
3.1	Galleria naturale Montebonello .....	7
3.2	Zone di imbocco .....	15
4	CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI .....	20
4.1	Elaborazione dei dati .....	20
4.2	Gestione del sistema di monitoraggio .....	20
4.3	Piattaforma gestione dati .....	20
5	SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO .....	21
6	SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE .....	23
6.1	Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test.....	23
6.2	Sondaggio a distruzione con DAC test .....	25
6.3	Mire ottiche .....	27
6.4	Estensimetri a corda vibrante .....	27
6.5	Celle di carico al piede delle centine.....	29
6.6	Laser scanner.....	31
6.7	Georadar .....	31
6.8	Celle di carico sui tiranti.....	32
6.9	Piezometri .....	33

<p>CODIFICA DOCUMENTO</p> <p>P01-GN 01-GEN-RE 03</p>	<p>PROGETTAZIONE</p> <p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p>   	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>3 di 35</p>
		<p>Data</p> <p>10/2023</p>	

6.10 Inclinometri.....33

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 4 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

# 1 PREMESSA

## 1.1 Descrizione generale dell'intervento

Il progetto definitivo dei lavori di adeguamento della S.S. 67 è limitato al tratto tra la località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano, Variante di Rufina (FI) – coincidente ai lotti 2A e 2B già appartenenti al complesso dei lotti del precedente Progetto Preliminare.

Il suddetto Progetto Preliminare, limitatamente ai due lotti 2A e 2B, ha quindi costituito la base di riferimento per lo sviluppo del servizio, e quindi a partire da quest'ultimo, sono state eseguite dapprima delle analisi di criticità, e successivamente apportate le modifiche necessarie alla compiutezza del tracciato in assenza degli altri lotti, oltre che le azioni di progetto tese alla riduzione delle criticità riscontrate; sono state individuate due diverse soluzioni progettuali di tracciato, mirate al superamento delle criticità riscontrate nel tracciato del progetto preliminare redatto dalla Provincia di Firenze.

L'intervento consiste in tronco stradale, e dei relativi svincoli, che si snoda in destra idraulica Sieve per circoscrivere l'abitato di Rufina (FI). La strada è assimilabile ad una tipologia definita "C1" (D.M. 05/11/2001).

Nello specifico tale intervento risulta definirsi (in direzione sud nord) dal primo tratto dallo svincolo lato Masseto della strada statale SS 67 'Tosco Romagnola' fino all'intersezione con la strada comunale Colognese, in corrispondenza della frazione di Montebonello, ed al secondo tratto da questa intersezione a quella esistente, a rotatoria, per rientrare sulla SS67 in località Scopeti.

L'obiettivo principale del progetto è la realizzazione di un tracciato che, per sue caratteristiche funzionali e di sicurezza, rispetti le normative e le esigenze della mobilità del territorio in relazione alla percorrenza degli elevati flussi di traffico che percorrono i tragitti diretti verso e da Firenze sulla direttrice romagnola.

Altro obiettivo strettamente connesso a questo, ed assolutamente non di secondo ordine, è il forte miglioramento della sicurezza generale delle condizioni e della qualità della vita dei centri abitati che si sono sviluppati lungo il tracciato della attuale S.S. 67 Tosco Romagnola, che traggono enorme beneficio in termini di rumorosità, vibrazioni, e di riduzione ed allontanamento del conseguente inquinamento atmosferico.

Lungo l'asse stradale insistono 3 opere d'arte maggiori e una galleria:

- Viadotto Sieve 1
- Viadotto Argomenna
- Galleria Montebonello
- Viadotto Sieve 2

## 1.2 Galleria naturale Montebonello

La galleria Montebonello è costituita da un unico fornice in cui alloggia una piattaforma stradale bidirezionale tipo C1 con singola carreggiata di larghezza 10.5 m costituita da due corsie (una per ciascun senso di marcia) da 3.75 m e due banchine da 1.50 m. Risulta situata fra le progressive di progetto km 2+019.50 (imbocco Sud) e 2+986.80 (imbocco Nord) e presenta una lunghezza complessiva di 967.3 m.

L'imbocco Sud è costituito da un tratto in artificiale, di lunghezza 46 m, compreso tra le progressive km 2+019.50 e km 2+066.00; il primo tratto, di lunghezza 10.95 m, prevede una struttura a becco di flauto seguito da 4.55 m di galleria a portale (sezione circolare), da 27 m di galleria artificiale (sezione a piedritti verticali) e da 4 m di conio d'attacco in corrispondenza della dima d'imbocco (pk km 2+066) per lo scavo della galleria in naturale. Il tratto della dima, galleria artificiale e portale verrà completamente ritombato con materiale di risulta dagli scavi; una canaletta posta ai limiti del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

Il tratto in artificiale dell'imbocco Nord ha invece una lunghezza limitata di 4.80m, dettata dalla conformazione del pendio e degli scavi per la trincea d'approccio all'attacco della galleria naturale; la parete di attacco è

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 5 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    CITAZIA S.p.A. RECERA VASULTA ASSOCIATI sinergo D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

ubicata alla progressiva km 2+982.00 da cui parte, estendendosi fino al km 2+986.80, il concio d'attacco, in corrispondenza della dima d'imbocco di lunghezza 4 m; a seguire, una parete di chiusura in c.a. rivestita con pietra naturale, dello spessore massimo di 80 cm. Anche in questo caso la dima e il concio verranno completamente ritombati in fase definitiva con materiale proveniente dagli scavi e Una canaletta posta ai limiti del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

La copertura massima della galleria naturale è pari a circa 100 m.

All'imbocco Sud è stato identificato uno strato di materiale costituito da depositi eluvio-colluviali sovrastante un primo strato di materiale roccioso detensionato; in tale contesto per gli scavi di approccio della galleria naturale si è resa pertanto necessaria la realizzazione di una berlinese provvisoria contrastata da uno o più ordini di ancoraggi di tipo passivo in funzione dell'altezza dello scavo che raggiunge circa 16m di profondità. Lo scavo di sbancamento fino quota di testa della berlinese è previsto con una pendenza del 4:7.

Per l'approccio allo scavo in sotterraneo all'imbocco Nord sono invece previste unicamente delle scarpate con pendenze 5:1 e berme di larghezza 2m ogni 5m di altezza, ad eccezione della prima scarpata che raggiunge un'altezza di circa 7.80m. La parete frontale di imbocco verrà scavata sempre con pendenza 5:1, ma senza berme, per un'altezza massima di circa 16m. Per le scarpate che rimarranno a vista dopo la sistemazione finale, gli interventi previsti (rete in aderenza e chiodature) assumeranno carattere definitivo.

La presente relazione ha come obiettivo la descrizione del sistema di monitoraggio previsto per la galleria naturale e per i due imbocchi.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	6 di 35
			Data 10/2023	

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Elaborati progettuali

- [1] P01-GN01-OST-RE01-A - Galleria Montebonello - Relazione tecnica e di calcolo galleria naturali
- [2] P01-GA01-OST-RE02-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Relazione di calcolo Opere di sostegno imbocco
- [3] P01-GA02-OST-RE02-A - Galleria Montebonello imbocco nord - Relazione di calcolo Opere di sostegno imbocco
- [4] P01-GN01-GEN-PE04-A - Galleria Montebonello - Monitoraggio - Sezioni tipologiche in galleria
- [5] P01-GN01-GEN-PE05-A - Galleria Montebonello - Monitoraggio - Planimetria e sezioni imbocco sud
- [6] P01-GN01-GEN-PE06-A - Galleria Montebonello - Monitoraggio - Planimetria e sezioni imbocco nord
- [7] P01-GN01-GEN-DI21-A - Galleria Montebonello - Planimetria generale e profilo con ubicazione uscite di sicurezza e piazzole di sosta
- [8] P01-GN01-OST-FG21-A - Galleria Montebonello - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione della galleria
- [9] P01-GA01-OST-PL02-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Scavi - Planimetria
- [10] P01-GA01-OST-DT03-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Scavi - Profilo e sezioni
- [11] P01-GA01-OST-PE02-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Sviluppata e particolari
- [12] P01-GA02-OST-PL02-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Scavi - Planimetria
- [13] P01-GA02-OST-DT03-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Scavi - Profilo e sezioni
- [14] P01-GA02-OST-PE02-A - Galleria Montebonello imbocco sud - Sviluppata e particolari

### 2.2 Normative e Linee guida di riferimento

- [15] Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 – NTC 2018
- [16] Circolare 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- [17] Linee Guida Monitoraggio Geotecnico – ANAS 2018

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	7 di 35
			Data 10/2023	

### 3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO – OPERE IN SOTTERRANEO

Scopo del presente capitolo è delineare il programma di monitoraggio che verrà adottato per il controllo tensio-deformativo della galleria e delle zone di imbocco.

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

#### 3.1 Galleria naturale Montebonello

Per poter acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative ai fini progettuali, e valutare:

- l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione;
- l'efficacia degli interventi di consolidamento e di confinamento e delle modalità costruttive,

è stato definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che consenta altresì il controllo del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso e delle strutture durante la costruzione in modo da confermare e, se necessario, integrare per tempo gli interventi progettati.

Il sistema di monitoraggio è costituito da:

- perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento;
- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento definitivo;
- misura delle portate delle eventuali venute d'acqua intercettate durante l'avanzamento;
- monitoraggio del profilo di intradosso del rivestimento di prima fase (laserscan)
- monitoraggio dello spessore del rivestimento definitivo (georadar).

Con riferimento al profilo geomeccanico progettuale di previsione [8], si riportano nel seguito la localizzazione delle stazioni di misura nonché le modalità e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera.

#### 3.1.1 Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento

##### 3.1.1.1 *Descrizione*

Dovranno essere eseguite n. 2 perforazioni a distruzione di nucleo in avanzamento di diametro 91mm e lunghezza 36m, sovrapposizione minima 6m e inclinazione rispetto all'orizzontale minima di + 5.

In corrispondenza delle zone di faglia, le perforazioni verranno attrezzate con tubo in pvc microfessurato Ø61mm, rivestito con tessuto non tessuto, per consentire il drenaggio di eventuali acque presenti sul contorno dello scavo.

##### 3.1.1.2 *Frequenza di indagine*

Le perforazioni copriranno in continuo il tracciato della galleria, con passo e sovrapposizione indicate negli elaborati di progetto. In questo modo si potrà individuare anticipatamente la variazione del materiale riscontrato lungo lo scavo e intervenire con le sezioni di scavo più adeguate.

##### 3.1.1.3 *Sistema di acquisizione*

Le sonde di perforazione dovranno essere attrezzate con un sistema di registrazione automatica computerizzata per il rilievo, la registrazione, l'elaborazione e la restituzione in continuo dei seguenti parametri (DAC test):

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	8 di 35
			Data 10/2023	

- profondità di perforazione
- velocità di perforazione
- velocità di rotazione in fase di perforazione
- spinta in fase di perforazione
- portata del fluido di perforazione
- pressione del fluido di perforazione.

#### 3.1.1.4 Restituzione dei dati

La documentazione di prova dovrà comprendere quanto sotto elencato:

- informazioni generali (progressiva, ubicazione sul fronte, data, inclinazione, ecc.)
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati
- note ed osservazioni di cantiere.

### 3.1.2 Rilievo geomeccanico del fronte di scavo

#### 3.1.2.1 Descrizione

I rilievi, di dettaglio e speditivi, hanno lo scopo di acquisire gli elementi relativi alle caratteristiche geolitologiche e geotecnico-geomeccanico-stratigrafiche degli ammassi e dei terreni e di verificare il comportamento dei materiali in fase di avanzamento.

L'attività di rilievo del fronte di scavo dovrà essere materialmente eseguita da geologi o ingegneri geotecnici dotati di specifico addestramento ed esperienza.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, con il corredo di fotografie e rilievi pittorici, precisando dettagliate informazioni su:

- in caso di ammassi rocciosi: stratigrafia, litologia, composizione mineralogica, grado di alterazione, rilievo delle discontinuità distinte per tipo e descritte con posizione, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, riempimento, alterazione, rugosità e resistenza a compressione misurata con penetrometro;
- in caso di terreni, stratigrafia, granulometria, grado di arrotondamento, cementazione, addensamento e consistenza;
- in caso di faglie: tipo di roccia di faglia, spessore reale e apparente misurato rispetto all'asse della galleria;
- condizioni idrologiche con eventuale misura delle portate drenate;
- descrizione del comportamento dell'ammasso/terreno allo scavo e segnalazione di eventuali anomalie nel rivestimento di prima fase.

Nella scheda verrà pertanto accuratamente descritta e rappresentata la distribuzione rispetto al fronte di scavo dei livelli di terreno aventi caratteristiche litologiche e/o geotecniche/geomeccaniche differenti. Dovrà inoltre esserne descritto il comportamento in fase di scavo anche in relazione al tipo di preconsolidamento realizzato. Dovrà essere segnalata la presenza di venute d'acqua al fine di evitare, tramite opportuni interventi di drenaggio e allontanamento, la formazione di ristagni. Dovrà essere inoltre allegata la documentazione fotografica sia del fronte nel suo insieme che di dettagli che mettano in evidenza le caratteristiche dei litotipi rilevati.

Per ogni rilievo dovranno essere inoltre annotate la progressiva raggiunta dallo scavo, la data, l'ora, il tipo di avanzamento, la lunghezza dello sfondo, la sezione di scavo con il tipo di interventi applicati, la copertura e dovrà fornire indicazione sui sovrascavi.

La scheda dovrà inoltre riportare la caratterizzazione dell'ammasso roccioso utilizzando la classificazione RMR di Bienjawski (1989). Il parametro UCS (Resistenza alla compressione monoassiale) andrà determinato secondo i metodi sopra descritti mentre l'RQD (Rock Quality Designation) sarà stimato o determinato mediante correlazioni empiriche. Oltre al valore di RMR, da ricavare analiticamente mediante la somma dei singoli rating R1-R6, verrà determinato per ogni rilievo il Geological Strength Index (GSI) sia analiticamente



CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	9 di 35
			Data 10/2023	

sia con riferimento agli abachi di bibliografia (in relazione a struttura dell'ammasso e condizioni delle superfici).

Nel caso di rilievo speditivo del fronte, la scheda dovrà riportare il rilievo pittorico e fotografico, le condizioni geomeccaniche dell'ammasso e la classe di scavo (RMR), senza la descrizione dettagliata di tutte le caratteristiche dell'ammasso stesso.

### 3.1.2.2 *Frequenza di indagine*

Si prevede la seguente frequenza:

- un rilievo speditivo del fronte dopo ogni sfondo;
- un rilievo dettagliato del fronte in corrispondenza di ogni campo di avanzamento, ogni cambio di sezione, in presenza di variazioni litologiche e/o strutturali di particolare rilevanza e in corrispondenza delle zone di faglia.

### 3.1.3 Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico

#### 3.1.3.1 *Descrizione*

Queste misure permetteranno una verifica delle ipotesi di progetto e della risposta del terreno allo scavo, consentendo una taratura ed una ottimizzazione degli interventi e delle modalità esecutive da applicare nell'ambito di ogni sezione tipo.

Per la misura delle deformazioni delle pareti della galleria dovranno essere impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità in galleria, e < 3c per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza della lunghezza di almeno 0.5m cementati nella parete del cavo, oppure saldate alle centine.

Le mire ottiche saranno installate alla minima distanza possibile dal fronte di scavo.

Le mire riflettenti saranno fissate su chiodi infissi all'intradosso della cavità e sporgenti dal rivestimento di prima fase mediante l'utilizzo di:

- tondo in acciaio galvanizzato dotato di perno filettato.
- perno innesto tipo Leica per tondino filettato.
- montatura orientabile con target riflettente e perno per tondino (prismi cardanici riflettenti o catadiottri).

I perni dovranno essere posizionati sul betoncino proiettato di rivestimento in vicinanza del fronte di scavo, protetti da un "cappuccio" in ferro per garantire che non vengano danneggiati durante l'avanzamento successivo.

Dovranno essere installate n° 5 basi ottiche (una in calotta, due alle reni e due sui piedritti) per ogni stazione di misura.

#### 3.1.3.2 *Frequenza di indagine*

Si prevede l'installazione di una stazione di convergenza posta in vicinanza al fronte e subito dopo il termine dell'avanzamento, indicativamente ogni settimana di avanzamento e in ogni caso ad ogni cambio di sezione e nelle zone di faglia.

La frequenza di installazione delle sezioni dovrà essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

La misura dei profili di convergenza dovrà essere effettuata secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire  $u \geq 1\text{mm/g}$  e/o a distanza dal fronte tra 0 e  $2\emptyset$ . La prima lettura «zero» viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire in corrispondenza del fronte di scavo;
- due letture a settimana per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire  $0.5\text{mm/g} \leq u < 1\text{mm/g}$  e/o a distanza dal fronte tra  $2\emptyset$  e  $4\emptyset$ ;

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 10 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

- mensilmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti  $u < 0.5 \text{ mm/g}$  e/o a distanza dal fronte  $> 4 \varnothing$ .

Le misure verranno effettuate comunque in corrispondenza dei seguenti principali passi della costruzione:

- al termine del campo/settimana di avanzamento (lettura di zero) sull'ultima centina posta in opera;
- a seguito del consolidamento sul fronte;
- a seguito del consolidamento sul contorno;
- dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio.

Le misure verranno protratte fino alla completa stabilizzazione ( $u < 0.1 \text{ mm/g}$ ) e comunque verrà eseguita una lettura prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione.

### 3.1.3.3 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi dovranno essere misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

I dati così raccolti verranno trasferiti tramite interfaccia ad un computer su cui verrà installato un software in grado di effettuare l'analisi, il processamento e la restituzione dei dati; in particolare il programma dovrà permettere:

- il calcolo della posizione dei punti di mira in coordinate locali (x, y, z);
- il calcolo delle differenze tra le coordinate dei punti di mira nelle diverse letture;
- la visualizzazione grafica dei risultati come più oltre specificato.

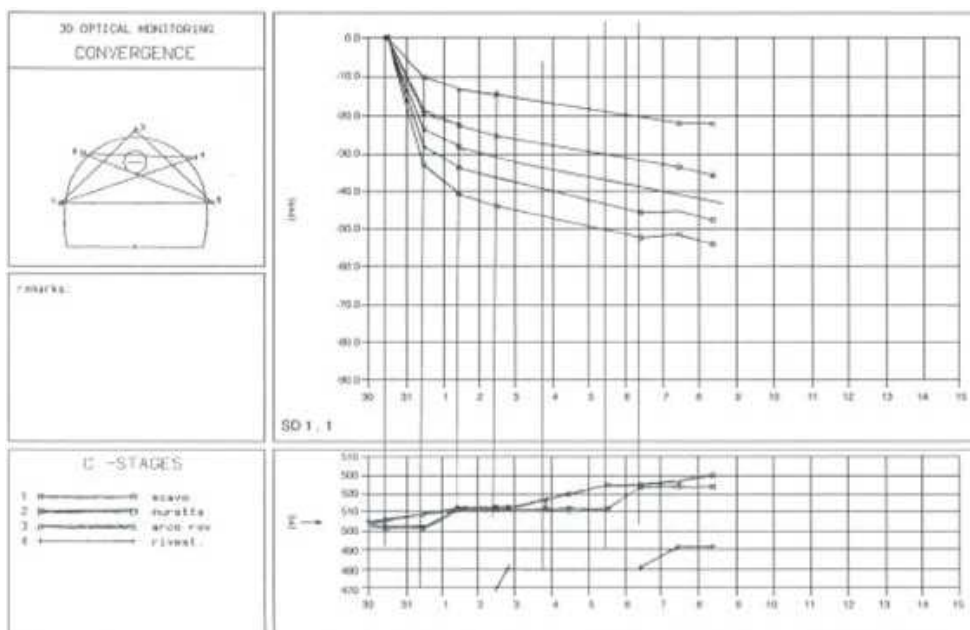
### 3.1.3.4 Restituzione dei dati

I risultati verranno visualizzati almeno nei seguenti grafici, per ogni sezione di misura:

- vettore spostamento di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- vettore spostamento di ogni mira in funzione della distanza dal fronte di scavo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- spostamenti sulla sezione di misura con indicazione del profilo teorico;
- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione della distanza dal fronte con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria.

Nella figura seguente si riporta un esempio di restituzione, con misure di convergenza nel tempo (giorni) in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo, del getto delle murette, dell'arco rovescio e del rivestimento definitivo.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>EFREMA</b> s.r.l. EFREMA S.p.A. ASSOCIATI	A	11 di 35
			Data 10/2023	



**Figura 1 – Esempio di restituzione delle misure di convergenza**

### 3.1.4 Misure di estrusione al fronte di scavo

#### 3.1.4.1 *Descrizione*

Si prevedono misure ottiche di estrusione, tramite installazione di mire ottiche (riflettori) sul fronte della galleria, in numero variabile da 5 a 9 in funzione delle dimensioni della sezione di scavo.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo nelle tre direzioni valutati per ogni stazione di misura. Il sistema di misura ha modalità analoghe a quello previsto per le convergenze ottiche, precedentemente descritto.

#### 3.1.4.2 *Frequenza di indagine*

Si prevede l'installazione di una stazione di misura dell'estrusione del fronte al termine di ogni campo di avanzamento e in caso di soste prolungate.

Le misure verranno effettuate in corrispondenza dei seguenti passi della costruzione:

nel caso di scavo con campi di avanzamento

- al termine del campo di avanzamento (lettura di zero);
- prima dell'inizio del consolidamento sul fronte.

In caso di soste prolungate, le misure saranno effettuate:

- al termine dello scavo, prima della sosta (lettura di zero);
- prima della ripresa degli scavi o ogni settimana.

#### 3.1.4.3 *Sistema di acquisizione*

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi vengono misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

Il sistema di acquisizione dei dati è lo stesso previsto in precedenza per le convergenze ottiche.

#### 3.1.4.4 *Restituzione dei dati*

Le modalità di restituzione dei dati sono le stesse previste in precedenza per le misure di convergenza.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	12 di 35
			Data 10/2023	

### 3.1.5 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

#### 3.1.5.1 *Descrizione*

Si prevede l'installazione di barrette estensimetriche a corda vibrante fissate sulle centine, posizionate in calotta e sui piedritti (n° 3 coppie).

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della deformazione / sollecitazione nelle centine.

Le barrette estensimetriche saranno installate a coppie (intradosso ed estradosso) sul profilato della centina in direzione assiale alla centina stessa. Le barrette saranno posizionate e saldate con dei supporti sulle facce interne delle ali delle centine e protette con profili metallici. Le barrette misurano le deformazioni dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

Le celle di carico saranno installate sotto il piede delle centine. La cella di carico è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da delle griglie estensimetriche applicate all'interno del corpo stesso. La corretta ripartizione del carico sull'intera cella deve essere garantita da una piastra di acciaio. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dalle griglie estensimetriche (strain gauges) e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

#### 3.1.5.2 *Frequenza di indagine*

Lungo il tracciato della galleria sono state previste n° 11 stazioni strumentate individuate in funzione del contesto geomeccanico e di superficie.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

#### 3.1.5.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- carichi o tensioni in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

### 3.1.6 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento definitivo

#### 3.1.6.1 *Descrizione*

Si prevede l'installazione di n. 4 coppie barrette estensimetriche a corda vibrante o barrette estensimetriche per calcestruzzo, posizionate in calotta, sui piedritti e in arco rovescio.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle deformazioni assiali del calcestruzzo.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante, fornite a coppie (intradosso ed estradosso), verranno saldate all'armatura del rivestimento. Le barrette misurano le deformazioni dell'acciaio dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

Le barrette estensimetriche per calcestruzzo verranno installate all'intradosso e all'extradosso in direzione trasversale lungo lo sviluppo del rivestimento non armato.

#### 3.1.6.2 *Frequenza di indagine*

Lungo il tracciato della galleria sono state previste n° 5 stazioni strumentate individuate in funzione del contesto geomeccanico e di superficie.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione della strumentazione. In seguito, le misure verranno effettuate una volta al mese fino alla fine dei lavori.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 13 di 35
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>EFEMIA</b> INGEGNERIA, SPAZI, URBANISMI	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
			Data 10/2023	

### 3.1.6.3 Acquisizione e restituzione dei dati

Il sistema di acquisizione dati potrà essere manuale con centralina portatile o automatizzato per mezzo di un catalogar. L'elaborazione dei dati dovrà avvenire con apposito software che dovrà restituire i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

### 3.1.7 Monitoraggio laserscan del rivestimento di prima fase

#### 3.1.7.1 Descrizione

I laser scanner sono strumenti in grado di misurare ad altissima velocità la posizione di centinaia di migliaia di punti, i quali definiscono la superficie degli oggetti circostanti. Il risultato dell'acquisizione è un insieme di punti molto denso comunemente denominato "nuvola di punti". Durante l'acquisizione lo strumento archivia, per ciascun punto rilevato, la distanza calcolata e gli angoli orizzontale e verticale in base alla posizione del corpo e dello specchio. Il calco digitale di punti 3D completo della superficie rilevata così ottenuto dovrà permettere di verificare lo spessore del rivestimento, consentendo così la verifica del rispetto delle geometrie di progetto.

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature in modo da ottenere una risoluzione approvata dalla DL. La lunghezza e l'ubicazione del suddetto tratto campione dovrà essere preventivamente concordato con la DL.

#### 3.1.7.2 Frequenza di indagine

L'indagine dovrà essere eseguita sull'intera lunghezza della galleria, prima della posa dell'impermeabilizzazione.

#### 3.1.7.3 Acquisizione e restituzione dei dati

L'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti dovrà fornire delle sezioni editabili (es. CAD – Figura 2) aventi passo minimo 1.5 m che comprendano:

- profilo rilevato del rivestimento di prima fase;
- profilo di progetto del rivestimento di prima fase;
- profilo di progetto del rivestimento definitivo.
- indicazione della distanza tra profilo rilevato e profilo di progetto del rivestimento di prima fase.

Gli eventuali sottospessori dovranno essere visualizzati anche in planimetria; dovrà inoltre essere possibile estrarre tutte le sezioni richieste anche in momenti successivi e in posizioni diverse da quelle inizialmente preventivate.

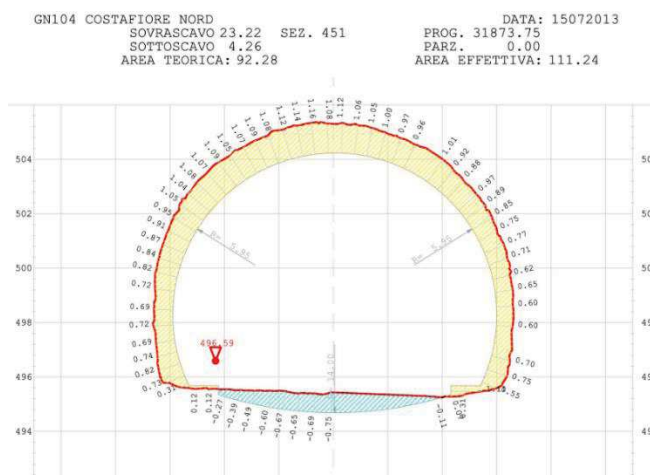


Figura 2 – Esempio di restituzione del laser scanning

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 14 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

### 3.1.8 Indagine georadar del rivestimento definitivo

#### 3.1.8.1 *Descrizione*

La prospezione georadar si basa sul fenomeno di diffusione (scattering) subito da un'onda elettromagnetica nel momento in cui essa, attraversando un materiale con una determinata costante dielettrica relativa, incontra la superficie di un oggetto con costante dielettrica relativa diversa da quella del mezzo in cui si sta diffondendo.

La prospezione sarà eseguita spostando le antenne lungo la superficie da investigare o manualmente o per mezzo di veicoli. Il rilievo dovrà essere eseguito per tutti i campi di getto lungo un minimo di tre allineamenti paralleli, uno in calotta e due sulle reni a 45°, e. consentire l'indagine di uno spessore di almeno 1.5 m. Dovrà essere garantita una buona linearità del piano di lavoro, provvedendo a eliminare asperità o oggetti metallici che possono produrre interferenze.

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature e saranno provate diverse configurazioni di impostazione (velocità di passaggio, distanza sorgente-struttura, frequenza di campionamento, offset delle antenne ecc..) per determinare la tecnica ottimale in relazione agli obiettivi dell'indagine. La lunghezza e l'ubicazione del suddetto tratto campione dovrà essere preventivamente concordato con la DL che potrà ordinare, sul suddetto tratto, alcune prospezioni di controllo e taratura mediante carotaggi o pozzetti, al fine di verificare le risultanze delle indagini sul tratto campione.

#### 3.1.8.2 *Frequenza di indagine*

L'indagine dovrà essere eseguita sull'intera lunghezza della galleria, a seguito dell'esecuzione del rivestimento definitivo.

#### 3.1.8.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

L'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti dovrà consentire la visualizzazione su planimetria e su sezioni in scala adeguata delle varie anomalie (vuoti, ammaloramento, alterazioni, ecc.) e degli elementi geometrici risultanti (spessori, profondità, ecc.).

### 3.1.9 Valori di soglia

Nell'ambito dello studio del comportamento tensio-deformativo della cavità a campo libero, sono state valutate, al variare del campo di avanzamento, le deformazioni ottenute in termini di convergenza e di estrusione. Tali valori, che rappresentano il riferimento per l'applicazione delle diverse sezioni tipo, dovranno essere convalidati in sito mediante il programma di monitoraggio in galleria sopra descritto, insieme a quello per il monitoraggio di superficie.

La definizione di alcuni indicatori derivanti dalle misure in campo consente di controllare l'efficacia delle scelte progettuali. Tali indicatori sono:

- soglia di attenzione: valore di uno degli indicatori derivanti dalle misure in campo che richiede l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle deformazioni;
- soglia di allarme: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione critica di difformità rispetto alle previsioni di progetto, per la quale la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (Art. 106 del D.Lvo. 50/2016).

Si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base della letteratura:

Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica (posizionata sul rivestimento di prima fase alla minima distanza dal fronte) utilizzata per misurare la convergenza del cavo: 1% del raggio di scavo (soglia di attenzione) e 2% del raggio di scavo (soglia di allarme).

- Valori di soglia dell'estrusione del fronte (definiti a partire da correlazioni empiriche disponibili in letteratura tra la convergenza radiale e l'estrusione al fronte): 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento di prima fase, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine:  $0.77 \cdot f_{yd}$  dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e  $1.00 \cdot f_{yd}$  dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 15 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

- Valori di soglia del carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione, controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine:  $0.77 \cdot N_{yd}$  dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e  $N_{yd}$  dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento definitivo, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle barre di armatura:  $0.77 \cdot f_{cd}$  o  $f_{td}$  del calcestruzzo (**soglia di attenzione**) e  $1.00 \cdot f_{cd}$  o  $f_{td}$  del calcestruzzo (**soglia di allarme**).

## 3.2 Zone di imbocco

Per le opere d'imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Inoltre, per acquisire le informazioni necessarie per operare nelle zone di imbocco in condizioni di sicurezza, verrà predisposto un sistema di monitoraggio delle pareti rocciose interessate dagli scavi concentrando l'attenzione verso quelle situazioni che possono innescare fenomeni di crollo particolarmente gravi. I movimenti lungo le fratture maggiori sono evidenza diretta dell'innescarsi dei possibili crolli e a questo scopo si può prevedere di monitorare in continuo tali aperture con strumentazione posta nelle aree di limite dell'ammasso potenzialmente instabile e/o di blocchi delimitati da fratture in fase di apertura avanzata.

I suddetti obiettivi di indagine comportano l'adozione di una rete di monitoraggio costituita dagli strumenti, di seguito illustrati, quali:

- controlli topografici con mire ottiche installate sulle opere di sostegno e sulle pareti rocciose. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del punto misurato, nelle tre direzioni dello spazio;
- celle di carico per la misura della forza agente sulle barre di ancoraggio delle berlinesi. Le celle di carico saranno disposte su alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e nel proseguire delle lavorazioni. Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali dovessero essere soggette. I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio degli imbocchi

### 3.2.1 Controlli topografici

#### 3.2.1.1 *Descrizione*

Sulle paratie di sostegno e sulle pareti rocciose, in corrispondenza di fratture o di blocchi particolarmente sensibili, dovranno essere installati delle mire ottiche per la realizzazione di misure di rilievo degli eventuali spostamenti delle opere stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca di circa 10 m - 20 m e saranno posizionate sulla trave di testata delle paratie, in corrispondenza di ogni ordine tirante strumentato e sulle pareti rocciose.

#### 3.2.1.2 *Modalità di installazione*

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

- Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
- Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
- Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

Alternativamente, nelle travi di testata delle paratie, il chiodo potrà essere annegato direttamente nel getto della struttura da monitorare.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 16 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

Per quanto riguarda i riferimenti sulla trave, questi dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia; i riferimenti sulle travi di correa andranno posti in opera non appena raggiunta la relativa quota di scavo.

La strumentazione installata sarà oggetto di rilievo per definirne la posizione plano-altimetrica iniziale (letture di zero). Le coordinate corrispondenti alla configurazione di installazione verranno registrate come coordinate di zero per i rilievi successivi.

### 3.2.1.3 Frequenza di indagine

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;
- Appena raggiunta la successiva quota di scavo.

Completati gli scavi, il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- per le opere di sostegno, 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera.
- Per le pareti rocciose, 1 lettura ogni giorno di avanzamento per lo scavo della galleria fino a circa 50m dall'imbocco; a seguire, 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

### 3.2.1.4 Acquisizione dei dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti, nelle tre componenti:

- della paratia, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia;
- dei punti materializzati sulle pareti rocciose.

Le misure verranno eseguite manualmente. Le misure di distanza dello strumento dai punti di mira dovranno avere un errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità e < 3/100° per le direzioni.

## 3.2.2 Celle di carico su tiranti passivi

### 3.2.2.1 Descrizione

Si tratta di strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- un corpo in acciaio di forma toroidale (tiranti) 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;
- 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 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.



CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 17 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti, indicativamente ogni 20m lungo la sviluppata dell'opera di sostegno, con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni.

Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche per la misura degli spostamenti che eventualmente dovessero subire.

I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

### 3.2.2.2 Modalità di installazione

Le celle dovranno essere 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; 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, dovrà essere installata una piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

### 3.2.2.3 Frequenza di indagine

Le celle di carico potranno essere lette manualmente o in automatico, nel qual caso l'acquisizione sarà costante e frequente.

In caso di lettura manuale il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- letture a settimana fino al termine degli scavi;
- 1 lettura mensile fino al termine dei lavori.

In caso di letture automatiche si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno orarie fino al completamento degli scavi. Completati gli scavi il programma di misure dovrà proseguire con 1 lettura mensile fino al termine dei lavori.

## 3.2.3 Misure piezometriche

### 3.2.3.1 Descrizione

Le misure piezometriche consentono di controllare il livello di falda di seguirne le variazioni nel tempo. Le misure piezometriche dovranno essere eseguite in corrispondenza dei piezometri a tubo aperto già installati o di nuova installazione.

### 3.2.3.2 Frequenza di indagine

Le letture dovranno essere eseguite con le seguenti scadenze:

- 2 letture al mese per due mesi prima dell'inizio dello scavo;
- 1 lettura settimanale durante le operazioni di scavo;
- 1 lettura al mese fino alla realizzazione del rivestimento della paratia.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione delle quote di falda rilevate rispetto alle previsioni di progetto.

### 3.2.3.3 Acquisizione e restituzione dei dati

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto dovrà essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	18 di 35
			Data 10/2023	

Al completamento delle operazioni di installazione dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc.);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite.

### 3.2.4 Misure inclinometriche in foro

#### 3.2.4.1 *Descrizione*

Le misure inclinometriche in foro vengono effettuate allo scopo di monitorare nel tempo entità, velocità e direzione del movimento del terreno a tergo della paratia.

I rilievi sono effettuati in modo manuale con attrezzature removibili munite di guide (sonde inclinometriche) che vengono calate in appositi tubi scanalati, cementati in un foro. Un rilievo comporta l'esecuzione di quattro cicli di misura, ruotando la sonda di 90° nel foro per annullare gli errori sistematici. Le misure possono essere effettuate sia in discesa che in risalita, con passo pari a 1 m.

Ogni elaborazione di rilievi inclinometrici è confrontata con la deformata della lettura iniziale (di zero). Gli spostamenti lungo la verticale devono essere riferiti alla testa della tubazione inclinometrica (la cui posizione deve essere determinata con misure ottiche).

#### 3.2.4.2 *Frequenza di indagine*

Le letture dovranno essere eseguite con le seguenti scadenze:

- 2 letture al mese per due mesi prima dell'inizio dello scavo;
- 1 lettura settimanale durante le operazioni di scavo;
- 1 lettura ogni mese fino alla realizzazione del rivestimento della paratia.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste in funzione delle quote di falda rilevate rispetto alle previsioni di progetto o in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

#### 3.2.4.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto dovrà essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

Al completamento delle operazioni di installazione dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc.);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 19 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

### 3.2.5 Valori di soglia

I dati raccolti mediante il programma sopra descritto permetteranno di verificare le ipotesi progettuali e il rispetto dei valori di soglia di attenzione e di allarme. I valori di soglia sono riportati nelle tabelle seguenti.

In caso di superamento dei valori di soglia di attenzione è necessario infittire le misure, eventualmente anche con verifiche di tipo manuale, eseguendo allo stesso tempo un'analisi approfondita del trend deformativo registrato.

Invece, in caso di superamento dei valori di soglia di allarme è necessario un immediato fermo delle attività di cantiere, seguito anche in questo caso da un'analisi approfondita del trend deformativo e dalla eventuale messa in opera di interventi per la messa in sicurezza dell'area, da concordare con la DL (rinterri a valle delle paratie, realizzazione di tiranti integrativi, chiodature, ecc...).

**Tabella 1 – Valori di soglia (Imbocco sud)**

MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
Controlli topografici Berlinese	2.0 cm	1.5 cm	3.0 cm
Celle di carico sui tiranti passivi	Carico di esercizio 196 kN	60% Carico sfilamento 235 kN	80% Carico sfilamento 320 kN
Piezometri	135.0 m s.l.m.	135.5 m s.l.m.	136.0 m s.l.m.
Inclinometri	5 mm/m	4 mm/m	6 mm/m
Laserscan		- (solo lettura di zero dopo l'esecuzione del rivestimento definitivo)	- (solo lettura di zero dopo l'esecuzione del rivestimento definitivo)

**Tabella 2 – Valori di soglia (Imbocco nord)**

MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
Controlli topografici pareti rocciose	< 2mm	3 mm	≥ 5 mm
Laserscan		- (solo lettura di zero dopo l'esecuzione del rivestimento definitivo)	- (solo lettura di zero dopo l'esecuzione del rivestimento definitivo)

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 20 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

## 4 CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI

### 4.1 Elaborazione dei dati

I dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio devono essere registrati su supporto magnetico (in formato leggibile, es.: \*.dat) e gestiti, per una corretta elaborazione, mediante un software adeguato.

Il software impiegato dovrà fornire, previa elaborazione dati, in formato numerico e in forma di grafici cartesiani delle principali grandezze; dovrà inoltre evidenziare il superamento dei valori di soglia corrispondenti alle condizioni di attenzione e/o allarme.

Tutti i grafici prodotti dovranno essere correlati alla sezione e/o al punto in asse rilevato, alla posizione dei fronti ed alla data del rilievo.

### 4.2 Gestione del sistema di monitoraggio

Per ottenere una corretta gestione del sistema di monitoraggio si prevede quindi una struttura organizzativa delle attività costituita dalle seguenti unità:

- unità operativa,
- unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.

#### 4.2.1 Unità operativa

L'unità operativa avrà il compito di:

- eseguire i rilievi e le misure in campo, dove previste;
- effettuare l'elaborazione e restituzione dei dati;
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale;
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori e agli utenti remoti;
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I dati forniti dovranno essere convalidati dal punto di vista strumentale da parte dell'unità operativa.

#### 4.2.2 Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori

L'unità di supporto tecnico avrà il compito di analizzare i risultati forniti dall'unità operativa e di verificare il corretto avanzamento dello scavo.

Gli ambiti di competenza possono essere riassunti con le attività seguenti:

- interpretazione geotecnica;
- verifica metodologia di scavo;
- verifica ipotesi progettuali.

L'analisi dei dati sarà propedeutica per la valutazione e adozione delle azioni necessarie, a supporto della Direzione Lavori, al fine di controllare la corretta gestione e realizzazione dell'opera.

### 4.3 Piattaforma gestione dati

Tutti i dati dovranno essere gestiti da una piattaforma web, individuata dal Committente nel Sistema Informativo Geografico (GIS); tale sistema ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini inclusi i dati relativi al territorio e alle opere dell'uomo che in un intorno significativo dall'opera in oggetto possono essere da quest'ultima influenzati, fornendo così un supporto alle decisioni in tempo reale.

## 5 SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio sarà articolata in due parti:

- L'attività di monitoraggio svolta dall'Impresa Aggiudicataria dell'appalto lavori;
- L'attività di monitoraggio svolta dalla Direzione Lavori.

Le attività di monitoraggio previste dovranno essere suddivise secondo quanto indicato nella seguente tabella. Nella tabella alla pagina seguente si riporta invece una quantificazione delle attività stesse.

**Tabella 3 – Suddivisione delle misure tra Impresa e DL.**

OPERA	MONITORAGGIO	COMPETENZA					
		Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)			Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)		
		Installaz.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato	Installaz.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato
GALLERIE NATURALI DI NUOVA COSTRUZIONE	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	X	X	X			X
	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo	X	X	X		A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	X
	Misura delle convergenze del cavo	X	X	X			X
	Misure di estrusione al fronte di scavo	X	X	X			X
	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase	X	X	X			X
	Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo	X	X	X			X
	Laser scanner in galleria per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD				X	In continuo.	X
	Georadar, dopo il getto del RD per la verifica dello spessore di calotta				X		X
IMBOCCHI	Controlli topografici	X	X	X		A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	X
	Misure inclinometriche	X	X	X			X
	Misure piezometriche	X	X	X			X
	Celle di carico su tiranti passivi	X	X	X			X
	Laser scanner rivestimento definitivo				X	In continuo	X

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 22 di 35
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

**Tabella 4 – Quantificazione del monitoraggio.**

OPERA	MONITORAGGIO	COMPETENZA			
		Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
		n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
GALLERIA NATURALE	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	n. 2 x 32, di cui 2 x (2) attrezzate con tubo PVC+TNT		Elaborazione dei dati ricevuti dall'Impresa.	
	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo				
	Rilievo speditivo	n. 610		n. 183	
	Rilievo di dettaglio	n. 45		n. 14	
	Misura delle convergenze del cavo <sup>1</sup>	n. 45	n. 23 x 45	-	n. 7 x 45
	Misure di estrusione al fronte di scavo <sup>2</sup>	n. 39	n. 2 x 39	-	n. 1 x 39
	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase <sup>3</sup>	n. 11	n. 23 x 11	-	n. 7 x 11
	Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo <sup>4</sup>	n. 5	n. 18 x 5	-	n. 6 x 5
	Laser scanner in galleria per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo ogni 9 m n. 102	
Georadar, dopo il getto del RD per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo L=916 m		
IMBOCCO SUD	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 44	n. 32 x 50 n. 12 x 5	-	n. 10 x 19
	Misure inclinometriche (n. inclinometri)	1 (L=20m)	n. 50	-	n. 1 x 15
	Misure piezometriche (n. piezometri)	1 (L=20m cad)	n. 50	-	n. 1 x 15
	Celle di carico su tiranti passivi	9	n. 9 x 50	-	n. 9 x 15
	Laser scanner rivestimento definitivo	-	-	n. 1 rilievo A=1'600 m <sup>2</sup>	
IMBOCCO NORD	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 31	n. 23 x 20 n. 12 x 5	-	n. 7 x 19
	Laser scanner rivestimento definitivo	-	-	n. 1 rilievo A=200 m <sup>2</sup>	

<sup>1</sup> N. stazioni composte da 5 mire ottiche.

<sup>2</sup> N. stazioni composte da 5 – 9 mire ottiche (mediamente 7 mire ottiche).

<sup>3</sup> N. stazioni composte da 3 coppie di barrette estensimetriche sulle centine + 2 celle di carico sotto il piede delle centine.

<sup>4</sup> N. stazioni composte da 4 coppie di barrette estensimetriche.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>EFEMIA</b> s.r.l. INGEGNERIA, SERVIZI, ARCHITETTURA	A	23 di 35
			Data 10/2023	

## 6 SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

L'installazione, il collaudo e la calibrazione degli strumenti di misura dovranno essere eseguite dall'Impresa con la supervisione del fornitore degli strumenti, sotto la sorveglianza di un tecnico esperto incaricato dalla DL.

Il momento dell'installazione viene fissato di comune accordo tra l'Impresa e la DL. L'installazione degli strumenti di misura deve avvenire al più presto possibile rispetto all'avanzamento.

Gli strumenti di misura dovranno essere protetti da danni provocati dai lavori di costruzione. Gli strumenti di misura danneggiati dovranno essere sostituiti a cura dell'Impresa.

Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche degli strumenti; si noti che il riferimento a prodotti e marchi commerciali è del tutto indicativo

### 6.1 Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test

#### 6.1.1 Martello di Schmidt

La prova consiste nella determinazione dell'indice di rimbalzo R su superfici di roccia intatta o di discontinuità, correlabile empiricamente al valore di resistenza di compressione monoassiale; la prova sarà condotta impiegando uno sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) ed eseguendo almeno 10 test per ogni prova.

I test di rimbalzo andranno eseguiti su superfici preventivamente pulite.



*Figura 1 - Esempio di martello di Schmidt.*

#### 6.1.2 Point Load Test

La prova consiste nella determinazione dell'indice di resistenza a carico puntuale  $I_s(50)$ , ottenuto attraverso l'applicazione di un carico concentrato mediante due punte coniche di dimensione standard.

L'indice di resistenza  $I_s(50)$  può essere utilizzato per la classificazione della roccia in esame e può fornire indicazioni preliminari in merito ad altri parametri di resistenza della roccia, quali la resistenza a compressione monoassiale e la resistenza a trazione.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	24 di 35
			Data 10/2023	

La prova è eseguibile sia su spezzoni di carota, con carico applicato diametralmente o assialmente, sia su provini di forma prismatica o irregolare.

L'apparecchiatura di prova, conforme allo standard di riferimento - ASTM D 5731 - 95 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, dovrà essere dotata di un strumento di misura del carico che garantisca una precisione non inferiore al 5% del carico applicato e che consenta la memorizzazione del massimo carico raggiunto alla rottura.

La prova dovrà essere condotta eseguendo almeno 20 rotture. Nel caso in cui la roccia in esame sia anisotropa, dovranno essere eseguite 10 rotture perpendicolari e 10 rotture parallele ai piani di debolezza.

I frammenti di roccia da sottoporre a prova dovranno rispettare i seguenti requisiti dimensionali.

Test diametrali su spezzoni di carota:

- Distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina  $L > 0.5 D$  con  $D =$  diametro della carota (corrispondente alla distanza tra le punte di carico);
- $D > 30$  mm.

Test assiali su spezzoni di carota:

- rapporto tra la lunghezza  $D$  (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) ed il diametro  $W$  della carota compreso tra 0.3 e 1;
- $D > 30$  mm.

Test su provini irregolari:

- rapporto tra l'altezza  $D$  (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) e la larghezza media  $W$  del piano di rottura, compreso tra 0.3 e 1;
- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina vicina  $L > 0.5 D$ ;
- $D > 30$  mm.

Ogni frammento di roccia appartenente alla serie di prova dovrà essere portato a rottura incrementando il carico gradualmente e senza brusche variazioni. La velocità di incremento del carico dovrà essere scelta in modo che la rottura del provino avvenga in un intervallo di tempo compreso tra 10 e 60 secondi.

Per ciascuna rottura si registreranno i seguenti dati:

- numero della rottura;
- tipo di rottura (diametrale, assiale, su spezzone irregolare);
- diametro della carota per prove assiali o larghezza media del piano di rottura per prove su spezzoni irregolari  $W$  [mm];
- distanza tra le punte di carico  $D$  [mm];
- carico di rottura  $P$  [kN].

Non saranno considerate valide le rotture che presentano piano di rottura passante solo per una delle punte di carico.

Per ciascun frammento sottoposto a rottura si determineranno e si registreranno i seguenti parametri:

- diametro equivalente  $D_e$ , con  $D_e = D$  per le prove diametrali e  $D_e = (4 \cdot W \cdot D / \pi)^{0.5}$  per le prove assiali e su provini irregolari;
- indice di resistenza a carico puntuale non corretto  $I_s = P / D_e^2$  [MPa].

A conclusione della prova si dovranno determinare gli indici di resistenza a carico puntuale corretti  $I_s(50)$  medi nella direzione normale e parallela ai piani di debolezza e l'indice di anisotropia  $I_a(50)$  ottenuto dal rapporto tra gli indici di resistenza a carico puntuale medi corretti normali e paralleli ai piani di debolezza.

Il valore dell'indice di resistenza a carico puntuale corretto  $I_s(50)$  medio dovrà essere determinato plottando in scala bilogarithmica tutte le coppie di valori  $D_e^2 / P$  ottenute nella prova per ciascuna direzione di carico e



CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 25 di 35
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STZMA</b> S.p.A. s.r.l.	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> <small>DIVISIONArchitecture</small>	
			Data 10/2023	

ricavando per interpolazione lineare il valore di P(50) corrispondente a De2 pari a 2500 mm<sup>2</sup> (De = 50 mm); il valore di Is(50) sarà quindi determinato secondo l'espressione:

$$Is(50) = P(50)/2500$$

Qualora i dati di prova risultassero eccessivamente dispersi la determinazione di Is(50) dovrà essere eseguita su ogni provino secondo la seguente espressione:

$$Is(50) = Is * (De/50)^{0.45}$$

Il valore di Is(50) medio sarà in questo caso ottenuto dalla media dei valori di Is(50) calcolati con esclusione dei due valori più alti e dei due valori più bassi per ciascuna direzione di carico; sarà inoltre eseguita una valutazione statistica dell'attendibilità della prova con determinazione della deviazione standard e del coefficiente di variazione per ciascuna direzione di carico.



Figura 2 - Esempio di point load tester.

## 6.2 Sondaggio a distruzione con DAC test

Per il controllo e gestione del drilling la perforatrice è dotata di un Data Logger. Il modello sistema tipo JET 4000 AME / I è adatto per la registrazione dei valori di pressione, può essere impiegato anche nelle tecniche di consolidamento del terreno a bassa pressione. Inoltre incorpora funzioni per automatizzare e velocizzare i processi di pompaggio.



Figura 3 - Esempio di data logger.

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE	REV. A	FOGLIO 26 di 35
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ERREMA</b> s.r.l. ERREMA S.p.A. ASSOCIATI	<b>sinergo</b> D_VA D_VisionArchitecture
			Data 10/2023

I parametri misurati dal Data Logger sono:

- Ora Inizio
- Ora Fine
- Profondità
- Coppia di Rotazione
- Velocità di avanzamento
- Spinta
- Pressione del fluido di circolazione

Le unità di misura possono essere variate, previa impostazione preventiva del data logger.

I file che verranno creati automaticamente possono essere esportati in Excel. A richiesta la DL potrà anche usufruire di un grafico riassuntivo con tutte le indicazioni richieste.

Sarà indicato per ogni sondaggio eseguito la progressiva di inizio scavo e la lunghezza di perforazione.

The screenshot shows the 'Drilling - JET 5.104' software interface. At the top, there are menu options: File, Modifica, Flash-card, Data-logger, Visualizza, Strumenti. Below the menu, there are input fields for 'Cantiere' (CAMP0 PROVE), 'Zona' (PL137), 'Colonna' (S2), and 'Sonda' (SXX 002). A clock icon is visible in the top right corner. The main area contains a data table with columns: Sezione, Profondità, Data, Ora Inizio, Ora Fine, Durata, Velocità, V.Finale, P, F, E, E1/Ph, F2/Ph, V, T, Ea, Lunghezza, IncX, IncY, DevX, DevY. The table lists data for sections 246 through 263. On the right side, there is a 'Inizio sessione' panel with fields for 'Data' (28/01/2005), 'Ora' (08:45:16), 'Fine sessione' (28/01/2005), 'Ora' (11:41:02), 'Colonna' (L imp: 6.60, D sh: 10.10, D uge: 0), and buttons for 'Drill' and 'Jet'.

Sezione	Profondità	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Durata	Velocità	V.Finale	P	F	E	E1/Ph	F2/Ph	V	T	Ea	Lunghezza	IncX	IncY	DevX	DevY
246	12.30	18/01/2005	09:06:15	00:00:03	00:00:03	72	3	2	75	70	38	201	0.0	73.9	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
247	12.35	18/01/2005	09:06:18	00:00:03	00:00:03	64	4	2	76	67	37	203	0.0	80.4	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
248	12.40	18/01/2005	09:06:20	00:00:02	00:00:02	67	3	2	76	69	38	201	0.0	78.0	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
249	12.45	18/01/2005	09:06:23	00:00:03	00:00:03	90	3	1	76	69	38	203	0.0	58.3	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
250	12.50	18/01/2005	09:06:24	00:00:01	00:00:01	90	3	2	77	72	39	203	0.0	61.0	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
251	12.55	18/01/2005	09:06:26	00:00:02	00:00:02	95	3	2	77	70	39	203	0.0	56.7	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
252	12.60	18/01/2005	09:06:29	00:00:03	00:00:03	90	2	2	77	71	38	203	0.0	60.5	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
253	12.65	18/01/2005	09:06:31	00:00:02	00:00:02	90	3	2	76	75	39	199	0.0	62.4	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
254	12.70	18/01/2005	09:06:33	00:00:02	00:00:02	86	3	2	75	73	38	198	0.0	63.4	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
255	12.75	18/01/2005	09:07:32	00:00:03	00:00:03	3	5	1	76	65	35	193	0.0	1584.8	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
256	12.80	18/01/2005	09:07:51	00:00:19	00:00:19	10	23	4	74	71	26	203	0.0	557.5	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
257	12.85	18/01/2005	09:08:00	00:00:09	00:00:09	20	11	4	72	74	38	202	0.0	283.2	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
258	12.90	18/01/2005	09:08:07	00:00:07	00:00:07	24	10	2	75	67	32	205	0.0	215.5	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
259	12.95	18/01/2005	09:08:11	00:00:04	00:00:04	43	5	3	76	67	34	206	0.0	122.4	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
260	13.00	18/01/2005	09:08:14	00:00:03	00:00:03	69	3	3	77	68	37	207	0.0	77.9	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
261	13.05	18/01/2005	09:08:17	00:00:03	00:00:03	55	4	3	77	74	38	207	0.0	106.5	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
262	13.10	18/01/2005	09:08:19	00:00:02	00:00:02	120	2	2	77	80	38	207	0.0	52.2	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
263	13.15	18/01/2005	09:08:20	00:00:01	00:00:01	120	2	2	77	83	38	206	0.0	54.0	0.05	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00

Figura 4 - Esempio di esportazione dati in Excel dal data logger.

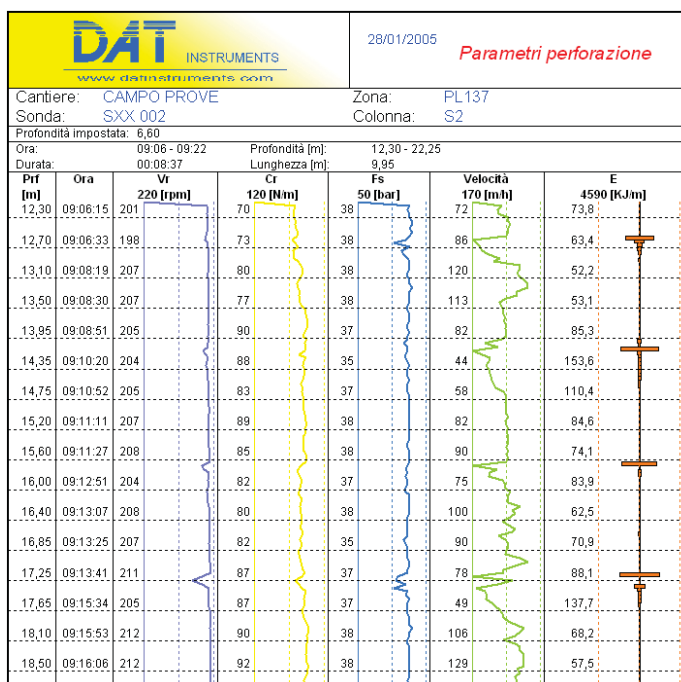


Figura 5 – Esempio di grafico riassuntivo dei dati richiesti.

### 6.3 Mire ottiche

Per la misura delle deformazioni verranno impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità e < 3/100° per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza cementati, oppure solidali ai profilati o alle armature.

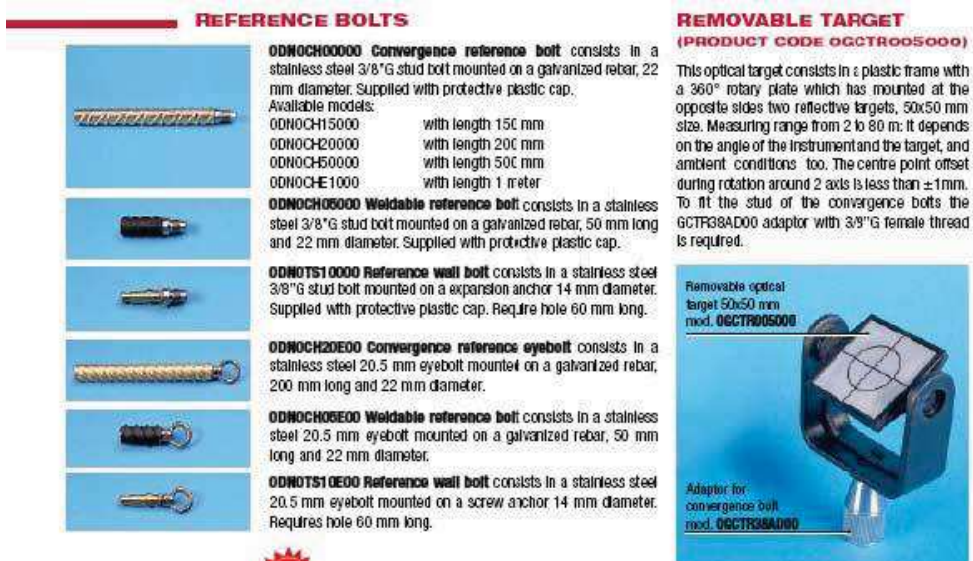


Figura 6 – Esempio di mire ottiche.

### 6.4 Estensimetri a corda vibrante

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo. Le due estremità della corda devono essere ancorate in

CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	28 di 35
			Data 10/2023	

modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine. In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda. Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un Oring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione. Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- lunghezza della corda: 50, 150 - 250 mm;
- campo di rilievo: +/- 1500 microstrain;
- sensibilità: 1,0 microstrain;
- frequenza di zero tipica: 800 Hz;
- resistenza della bobina: 150 ohm;
- temperatura di esercizio: -20° - +80° C.

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà potere essere letta nella centralina di lettura.

- Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:
- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghe. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:


- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
- b) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- c) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- d) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

## VIBRATING WIRE STRAIN-GAUGES


strain gauges & thermometers

### ACCESSORIES AND SPARE PARTS

<b>OVK420IVN00</b>	"No-stress" embedment strain gauge with plastic container to isolate the section of concrete around the gauge.	<b>OVK42VC3D00</b>	Mounting block for rosette assembling of embedment strain-gauges (X-Y-Z orientation)
<b>OVK400JI600</b>	Mounting jig for welding the strain-gauge mounting blocks on the steel surface	<b>OVK400MB200</b>	Pair of arch weldable mounting blocks




OVK420IVN00 "no-stress" strain-gauge



3-D strain-gauge assembly

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model	OVK4000VS00	OVK4200VG00	OVK5005P010	OVK4000SM00
Description	surface mount type strain-gauge with pluck coil and arch weldable end blocks	concrete strain-gauge with flanges for concrete embedment	spot weldable strain gauge for steel structures	embedment strain-gauge specially designed for shotcrete application
Method of installation	arch welding	embedment	spot welder	embedment
Active gauge length	150 mm	165 mm	50 mm	200 mm
Range (nominal)	3000 µε	3000 µε	3000 µε	10000 µε
Sensitivity	1.0 µε	1.0 µε	1.0 µε	0.1 µε
Accuracy	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR
Stability	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr
Typical frequency datum	800 Hz	800 Hz	800 Hz	1600 Hz
Coil resistance	150 ohm	150 ohm	50 ohm	150 ohm
Thermal coeff. of expansion	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C
Temperature range	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C

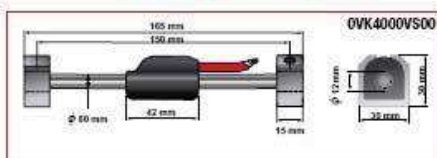


Strain-gauges on steel lining

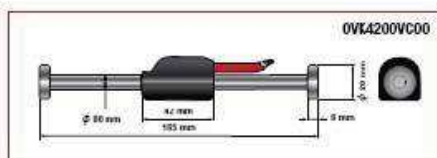
Vibrating wire strain-gauge output is a frequency signal, and it is therefore insensitive to resistance changes in connecting cables caused by contact resistance or leakage to ground. Gauges may be read up to 1000 metres away from their location without change in calibration. The vibrating wire gauge has the same thermal coefficient of expansion of reinforcing bar (and similar to that of concrete) and there is no requirement to compensate for thermal effects in normal use (thermal correction may be required, for example, in the calculation of stress changes of restrained structural members resulting from temperature changes). Temperatures can be measured by a NTC thermistor encapsulated in the pluck coil housing.

**CE** electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

### PHYSICAL FEATURES



OVK4000VS00



OVK4200VC00

Figura 7 – Esempio di estensimetri a corda vibrante.

## 6.5 Celle di carico al piede delle centine

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);
- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottili lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sotto vuoto spinto per ottenere la

minima compressibilità dell'olio. La pressione esercitata dalla struttura agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione.

Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita standard 4-20 mA oppure a corda vibrante. La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi.

Il tipo di cella dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, 0-20 MPa).

Per l'installazione si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e le piastre.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella. Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo. Sarà necessario attendere alcune ore prima della stabilizzazione.

pressure and load cells

## STRAIN-GAUGES LOAD CELLS


www.gstudio.com

### L2CT LOAD CELLS


Full scales	3,000, 5,000, 10,000 kN*
Overload	150% F.S.
Sensitivity	0,01% F.S.
Accuracy	0,2% F.S.
Power supply	12 V DC
Output signal	2 mV/V at full scale
Insulation	≥ 2 Mohm
Output bridge resistance	350 Ohm
Temp. operating range	-40°C +75°C
Compensated temp. range	-20°C +60°C
Protection Class	IP 65
Material	steel UR-40

\* Load Cells can also be supplied on client request for specific application.

Model	0L2CT030000	02CT050000	0L2CT100000
Range	3000 kN	5000 kN	10000 kN
Diameter	135 mm	180 mm	230 mm
Height	200 mm	200 mm	300 mm
Overall size	175x200 mm	220x200 mm	270x300 mm



### L2CE LOAD CELLS




Model	0L2CE019000	0L2CE030000
Range	1,900 kN	3,000 kN
Accuracy	typical 1% FS	
(linearity, hysteresis and repeatability)		
Sensor resolution	15 kg, 20kg	
Power supply	from 9 to 30 V DC	
Output signal	4-20 mA (current loop)	
Temp. operating range	from -20° to +80°C	
Protection Class	IP 68 watertight up to 100 kPa	
Material	stainless steel	
Pad diameter	191 mm	242,5 mm
Thickness	39 mm	39 mm
Overall size	320x39 mm	345x39 mm

Special distribution plates with spherical surface are available for application between not parallel planes.

0L2CE210PDD	Twin plates for 1,900 kN load cell, overall diam. 200 mm.
0L2CE212PDD	Twin plates for 3,000 kN load cell, overall diam. 252 mm.

These cells are specially designed for steel lining and pile testing applications. The mounting surface for load cell applications shall be flat and parallel for optimum performance.


electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

L2CT, L2CE - REV. 01 - 04/05

**Figura 8 – Esempio di cella di carico.**

## 6.6 Laser scanner

Il laser scanner dovrà consentire l'impostazione di velocità e passo delle rotazioni, per ottenere un'adeguata risoluzione.

Key Leica HDS6100 Performance Specifications	
<b>Instrument type</b>	Compact, phase-based, dual-axis sensing, ultra-high speed laser scanner, with survey-grade accuracy and full field-of-view
<b>User interface</b>	Onboard touch panel, or external notebook or Tablet PC, or PDA
<b>Data storage</b>	Integrated hard drive
<b>Accuracy of single measurement</b>	Position 5 mm, 1 m to 25 m range; 9 mm to 50 m range Distance $\leq 2$ mm at 90% albedo up to 25 m; $\leq 3$ mm at 18% albedo up to 25 m $\leq 3$ mm at 90% albedo up to 50 m; $\leq 5$ mm at 18% albedo up to 50 m
<b>Spot size</b>	Angle (Horizontal/vertical) 125 $\mu$ rad/125 $\mu$ rad (7.9 mgon/7.9 mgon) one sigma 3 mm at exit (based on Gaussian definition) + 0.22 mrad divergence; 8 mm @25 m; 14 mm @50 m;
<b>Modeled surface precision**/noise</b>	1 mm at 25 m; 2 mm at 50 m, for 90% albedo; one sigma 2 mm at 25 m; 4 mm at 50 m, for 18% albedo; one sigma
<b>Target acquisition***</b>	2 mm std. deviation
<b>Dual-axis sensor</b>	Selectable on/off; Resolution 3.6"
<b>Laser scanning system</b>	Range 79 m ambiguity interval 79 m @90%; 50 m @18% albedo Scan Rate Up to 508,000 points/sec, maximum instantaneous rate Scan density @10 m @50 m "Preview" 50.6 x 50.6 mm 250 x 250 mm Middle (4x) 12.6 x 12.6 mm 62 x 62 mm High (8x) 6.3 x 6.3 mm 31.4 x 31.4 mm Super High (16x) 3.1 x 3.1 mm 15.8 x 15.8 mm Ultra High (32x) 1.6 x 1.6 mm 7.9 x 7.9 mm
<b>Laser Class</b>	3R (IEC 60825-1)
<b>Lighting</b>	Fully operational between bright sunlight and complete darkness
<b>Power supply</b>	24 V DC; integrated Li-ion battery (2.5 hrs) and/or optional external DC power supply (4 hrs) or AC supply
<b>Power consumption</b>	65 W max.
<b>Temperature</b>	Operation: -10° C to +45° C; Storage: -20° C to +50° C

All specifications are subject to change without notice

All +/- accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted

\*\* One sigma; subject to modeling methodology for modeled surface

\*\*\* Algorithmic fit to planar HDS gray & white targets

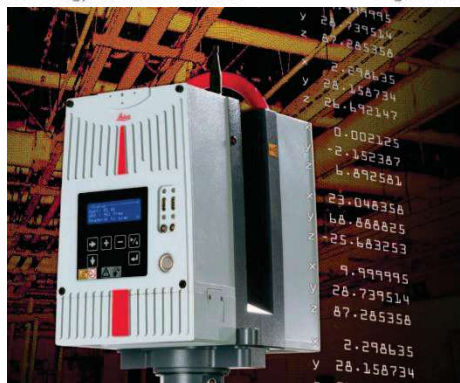


Figura 9 – Esempio di laser scanner.

## 6.7 Georadar

L'attrezzatura di base per il rilievo georadar dei rivestimenti definitivi deve comprendere:

- una unità georadar centrale di comando, controllo ed amplificazione, in grado di operare con almeno due canali, e dotato di un registratore magnetico digitale, di un monitor e di una stampante entrambe a colori;
- antenne, dotate di amplificatore di potenza, con frequenza compresa tra 80 e 1500 MHz;
- cavo multipolare di collegamento tra l'unità georadar e l'antenna.

Dovranno essere disponibili appositi software necessari per l'analisi ed il trattamento dei segnali registrati (filtrazione, correzione, valutazione di velocità di propagazione, correlazione ecc..).

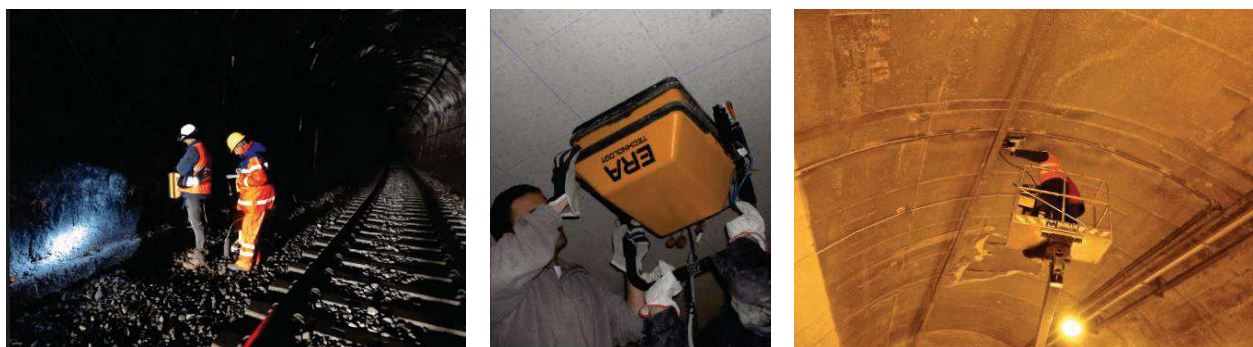


Figura 10 – Esempio di georadar in galleria.

## 6.8 Celle di carico sui tiranti

Le celle di carico toroidali di tipo elettrico sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauges di tipo resistivo, che garantiscono una bassa sensibilità ai carichi eccentrici. La cella deve essere installata tra una piastra di distribuzione del carico ed una piastra supplementare in acciaio (se non è possibile predisporre una superficie piana).

Le celle di carico dovranno avere con campo di misura 0-1000 kN. Il sensore di misura dovrà consentire una accuratezza di misura migliore del 0.5% del fondo scala.

Il corpo cella dovrà essere in acciaio inox o adeguatamente protetto contro fenomeni di ossidazione e corrosivi.

Per effettuare la misura è possibile utilizzare un cavo elettrico che collega direttamente la cella alla centralina di misura portatile o al datalogger, oppure una connettività wireless (senza fili).

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Full scale capacity kN	from 300 to 2500 kN
Overload	1.5 X Full scale
Sensitivity	0.06% FS
Accuracy	< ±0.5% FS
Thermal zero shift	< 0.005% FS / °C
Signal output	1.5 mV/V at FS 2.0 mV/V only for 2500 kN FS
Power supply	from 2V DC to 10V DC
Bridge resistance	700 Ω FS from 300 to 750 kN (8 strain gauges) 1400 Ω FS from 1000 to 2500 kN (16 strain gauges)
Operating temperature range	-30°C +70°C
Compensated temperature range	-30°C +70°C
Material	stainless steel 17-4 PH
Electric insulation	> 5 GΩ
Protection	IP68 up to 100 kPa

ANCHOR LOAD CELLS <b>CE</b>	
Full scale capacity kN	from 300 to 2500 kN
Overload	1.5 X Full scale
Sensitivity	0.06% FS
Accuracy	< ±0.5% FS
Thermal zero shift	< 0.005% FS / °C
Signal output	1.5 mV/V at FS 2.0 mV/V only for 2500 kN FS
Power supply	from 2V DC to 10V DC
Bridge resistance	700 Ω FS from 300 to 750 kN (8 strain gauges) 1400 Ω FS from 1000 to 2500 kN (16 strain gauges)
Operating temperature range	-30°C +70°C
Compensated temperature range	-30°C +70°C
Material	stainless steel 17-4 PH
Electric insulation	> 5 GΩ
Protection	IP68 up to 100 kPa

Abutment plates (not supplied) are normally designed to suit specific site requirements. In all cases the minimum abutment thickness should be the thickness of the load cell (40mm). The abutment plate surface area must be greater than the load cell area. Load distribution plate and load cell have the same central hole diameter.

Figura 11 – Esempio di cella di carico toroidale per tiranti.



CODIFICA DOCUMENTO  P01-GN 01-GEN-RE 03	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	33 di 35
			Data 10/2023	

## 6.9 Piezometri

I piezometri a tubo aperto sono tubi PVC inseriti entro fori di sondaggio per la misura di livello della falda. Lo strumento è costituito da:

- Tubi filtranti in PVC, di spessore pari a  $1\pm 2$  mm, con finestre trasversali con apertura di 0,4 - 1,0 mm, diametro interno compreso tra 40 e 80 mm, con giunzione a manicotto esterno. I tubi dovranno essere forniti in spezzoni di lunghezza non superiore a 3 metri.
- Tubi ciechi in PVC, di spessore pari a  $1\pm 2$  mm, con diametro interno compreso tra 40 e 80 mm e con le estremità filettate e giuntate con manicotti esterni.

Le misure di livello di falda nei piezometri a tubo aperto sono effettuate con l'ausilio di un freatimetro, costituito da un cavo montato su di un rullo alloggiante il circuito di segnalazione e la batteria, così da risultare facilmente trasportabili. Il puntale montato all'estremità inferiore del cavo, al contatto con l'acqua, chiude un circuito che attiva un segnale sonoro e luminoso: la posizione in cui si trova la sonda quando vengono attivati tali segnali di allarme corrisponde con il livello dell'acqua che viene così letto direttamente sul cavo graduato.

I freatimetri sono dotati di:

- segnalatore acustico (con cicalino) e visivo (mediante led) di raggiungimento del livello dell'acqua
- interruttore di accensione e spegnimento
- manopola per la regolazione della sensibilità del puntale
- diametro della sonda 12 mm (altri diametri a richiesta)
- alimentazione con batteria da 9 Volt
- rullo avvolgicavo in materiale plastico dotato di freno e portapuntale.
- cavo centimetrato o millimetrato;
- eventuale sensore di temperatura integrato nel puntale.

## 6.10 Inclinatori

La tubazione inclinometrica è costituita dai seguenti elementi:

- spezzoni di tubo della lunghezza di 3-6 metri;
- manicotti di giunzione che permettono il collegamento degli spezzoni di tubo (mantenendo l'orientamento delle guide);
- tappo di fondo che impedisce l'ingresso della boiaccia durante la fase di cementazione;
- tappo protettivo di testa.

La sonda inclinometrica removibile è uno strumento di controllo e sorveglianza degli spostamenti di tubi inclinometrici. Il sistema è costituito da:

- una sonda inclinometrica verticale con sensori MEMS digitali;
- il cavo multipolare portante metrato completo di rullo avvolgicavo;
- un bloccacavo che consente di mantenere in sospensione la sonda al centro del tubo inclinometrico.

Per effettuare la misura è possibile utilizzare una centralina di misura portatile o una datalogger, oppure una connessione Bluetooth con smartphone.

	MODEL C112T	MODEL C112
Application	Ground water level Ground water temperature	Ground water level
<b>PROBE</b>		
Diameter	16 mm (suitable for tube > 3/4")	16 mm (suitable for tube > 3/4")
Length	120 mm	120 mm
Material	Stainless steel and ABS	stainless steel and ABS
Weights	Zn -Al alloy, OD 12 mm	Zn -Al alloy, OD 12 mm
<b>CABLE</b>		
Type	tempered steel tape with nylon jacket	tempered steel tape with nylon jacket
Lengths	30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 m	30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 m
Graduation	every millimeter	every millimeter
Colour	yellow with black/red marks	yellow with black/red marks
Width	10 mm	10 mm
<b>REEL</b>		
Material	heavy plastic plates and steel tubing stand, baked-on paint	heavy plastic plates and steel tubing stand, baked-on paint
<b>BATTERY</b>		
Type	2 x 9V DC disposal	9V DC disposal
<b>TEMPERATURE PROBE</b>		
Sensor type	IC 590 ICH	
Measuring range	-55°C +80°C	
Resolution	0.1°C	
Accuracy	< 0.5°C	
Operating time	about 20 hours	

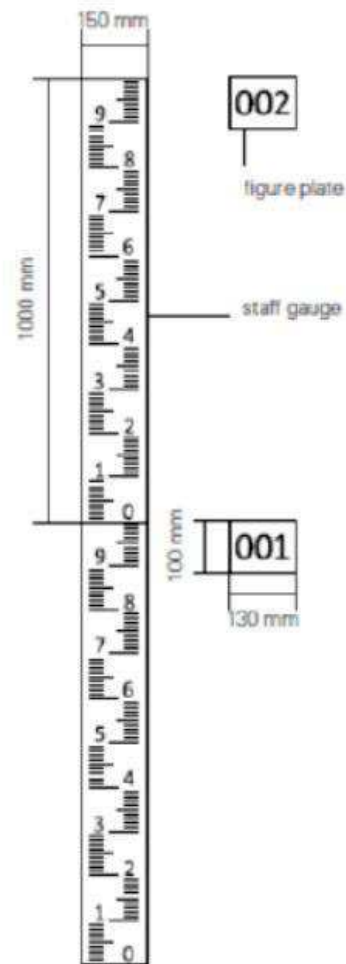


Figura 12 – Esempio di freatimetro.

**Caratteristiche tecniche**

<b>Tipo sensore</b>	MEMS biassiale
<b>Passo sonda</b>	50 cm
<b>Campo di misura</b>	+/- 30°
<b>Risoluzione</b>	0.005 mm
<b>Ripetibilità</b>	0.003°
<b>Temperatura di esercizio</b>	-20...+70 °C
<b>Materiale sonda</b>	acciaio inossidabile
<b>Cavo</b>	in PU a 4 conduttori
<b>Lunghezza cavo</b>	50 o 100 m
<b>Sistema operativo</b>	Android

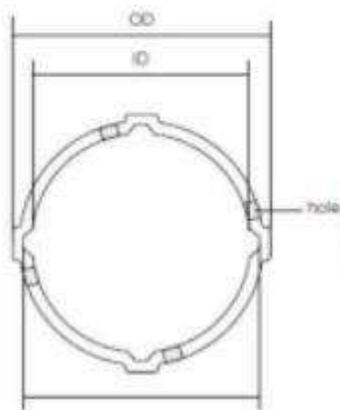
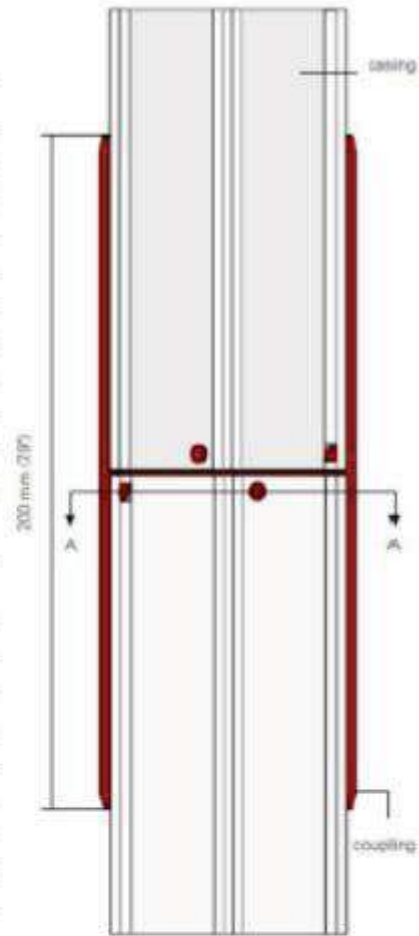


Figura 13 – Esempio di inclinometro.

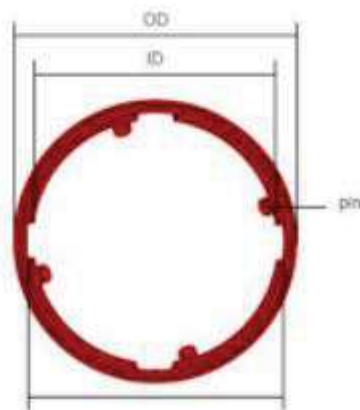
## SELF COUPLING CASINGS

PRODUCT CODE	05131QL603M	0513100610F
Description	metric SC casing	English SC casing
Material	ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)	
Outer diameter (OD)	71 mm (2.8")	
Inner diameter (ID)	60 mm (2.4")	
Groove ID	65 mm (2.6")	
Thickness	2.75 mm (0.108")	
Length	3 meter	10 feet
Casing weight	2.1 kg	4.6 lb
Spiral	< 0.5" / 3 m	< 0.61" / 10 feet
Suggested borehole drilling diameter	101 mm (4")	
Temperature (max. 1 hour)	480°C (176 °F)	

PRODUCT CODE	05131MQ6000
Description	coupling for SC casing
Material	ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)
Outer diameter (OD)	77 mm (3.0")
Inner diameter (ID)	67 mm (2.6")
Groove ID	71.5 mm (2.8")
Thickness	5 mm (0.2")
Length	200 mm (7.9")
Casing weight	0.20 kg (0.44 pound)
Spiral	-
Suggested borehole drilling diameter	-



SECTION AA CASING ONLY



SECTION AA COUPLING ONLY



SECTION AA CASING AND COUPLING

**Figura 14 – Esempio di tubo inclinometrico.**