

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas
Opera Connessa Nord

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>IRD ENGINEERING</p> <p>SAIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>HYpro srl</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

STUDI E INDAGINI
Piano di Monitoraggio Geotecnico – Strutturale
RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV. ANNO</p> <p>DPCA0150 D 23</p>	<p>NOME FILE</p> <p style="text-align: center;">TOOGE00MOGRE01_A</p> <p>CODICE ELAB. T O O G E O O M O G R E O 1</p>	<p>REVISIONE</p> <p style="text-align: center;">A</p>	<p>SCALA</p> <p style="text-align: center;">-</p>
D			
C			
B			
A	Emissione	Gen. '23	Bela'
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO

1	PREMESSA	1
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
2.1	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE	2
3	CRITERI GENERALI PER IL PROGETTO DI MONITORAGGIO	3
3.1	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO.....	3
4	INQUADRAMENTO DEL PROGETTO.....	5
4.1	OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	5
4.2	OPERE D'ARTE MINORI	5
5	PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO.....	7
5.1	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	7
5.1.1	<i>Accessori topografici.....</i>	7
5.1.2	<i>Carico e pressione.....</i>	8
5.1.3	<i>Cedimento e spostamento.....</i>	9
5.1.4	<i>Inclinazione.....</i>	10
5.1.5	<i>Portata e livello.....</i>	11
5.2	UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	13
5.2.1	<i>Viadotti.....</i>	13
5.2.2	<i>Gallerie artificiali.....</i>	13
5.2.3	<i>Sottopassi scatolari.....</i>	14
5.2.4	<i>Muri di sostegno.....</i>	14
5.3	FREQUENZE E LETTURE A CARICO DELL'IMPRESA.....	15
5.3.1	<i>Viadotti.....</i>	15
5.3.2	<i>Gallerie artificiali.....</i>	15
5.3.3	<i>Sottopassi scatolari.....</i>	16
5.3.4	<i>Muri di sostegno.....</i>	16
6	PIANO DI MONITORAGGIO INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	18
6.1	UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	18
6.2	FREQUENZE E LETTURE A CARICO DELL'IMPRESA.....	18
7	GESTIONE DATI DI MONITORAGGIO	19
7.1	SOGLIE DI ALLERTA E ALLARME.....	19
7.2	METODO EMISSIONE DATI.....	19
7.3	ANALISI DEI DATI.....	19

PROGETTAZIONE ATI:

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della documentazione per il progetto definitivo della S.S. 195 "Sulcitana", tratto Cagliari - Pula, Opera Connessa Nord.

La presente relazione illustra il piano di monitoraggio geotecnico - strutturale redatto nell'ambito della progettazione definitiva della S.S. 195 "Sulcitana", tratto Cagliari - Pula, Opera Connessa Nord.

Il piano di monitoraggio, curato in accordo alle "Linee Guida ANAS per il Monitoraggio Geotecnico" e al § 6.2.6 [1], ha lo scopo di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati e di controllare la funzionalità dei manufatti nel tempo, mediante la misura di grandezze fisiche significative, prima durante e dopo la costruzione del manufatto.

Il piano di monitoraggio è stato definito in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione in corso d'opera, al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di comportamento delle nuove strutture.

PROGETTAZIONE ATI:

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 **NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE**

- [1] **Decreto Ministero Infrastrutture 17 gennaio 2018:** Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- [2] **Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP. Ministero Infrastrutture e Trasporti:** Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- [3] **UNI EN 1997-1:2013 Eurocodice 7 -** Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
- [4] **UNI EN 1997-2:2007 Eurocodice 7 -** Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- [5] **UNI EN 1998-5:2005 Eurocodice 8 -** Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

PROGETTAZIONE ATI:

3 CRITERI GENERALI PER IL PROGETTO DI MONITORAGGIO

3.1 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

La tipologia di monitoraggio fa riferimento ai modelli geologico, geomorfologico e geotecnico descritti nelle specifiche relazioni ed elaborati grafici.

Il piano di monitoraggio proposto si prefigge lo scopo di:

- verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e il comportamento osservato;
- verificare la qualità delle prestazioni dell'opera dopo la costruzione.

Note le condizioni di progetto, la scelta della strumentazione da installare è una diretta conseguenza dei parametri che si intendono monitorare (Tabella 3-1).

Tabella 3-1 Grandezze da misurare e strumentazione prevista

	Grandezza da misurare	Strumentazione prevista
Opere d'arte maggiori (viadotti, ecc.)	Condizioni ambientali	Stazione meteo
	Stato di spostamento e distorsione	Mira ottica Clinometro
	Stato di deformazione e sollecitazione	Cella di carico Barretta estensimetrica
Opere d'arte minori (muri di sostegno, paratie, ecc.)	Stato di spostamento e distorsione	Mira ottica Clinometro
	Stato di deformazione e sollecitazione	Cella di carico Barretta estensimetrica
Fondazioni (pali, micropali)	Stato di spostamento e distorsione	Mira ottica Clinometro
	Stato di deformazione e sollecitazione	Cella di carico Barretta estensimetrica
Elementi strutturali	Stato di spostamento e distorsione	Clinometro Misuratore di giunto
	Stato di deformazione e sollecitazione	Cella di carico Barretta estensimetrica

Il monitoraggio comprende il controllo di opere d'arte maggiori quali viadotti e gallerie artificiali e opere d'arte minori quali muri di sostegno.

Gli strumenti di monitoraggio dovranno essere installati:

- all'esterno, almeno tre mesi prima dell'inizio dei lavori in modo da poter acquisire un numero di dati significativi ai fini della valutazione della situazione "ante-opera";
- all'interno delle parti componenti l'opera (paratia, rivestimento provvisorio, rivestimento definitivo, ecc.), durante le fasi realizzative.

Il piano di monitoraggio prevede l'installazione di strumenti topografici e geotecnici funzionali alla tipologia di opera e posizionati laddove si ritiene più idoneo. L'ubicazione della strumentazione

PROGETTAZIONE ATI:

riportata negli elaborati grafici andrà comunque verificata in corso d'opera, ed eventualmente adattata, in funzione dei riscontri ottenuti.

Nella Tabella 3-2 sono sintetizzate le tempistiche del monitoraggio e il soggetto incaricato delle lavorazioni previste.

Tabella 3-2 Piano di monitoraggio

	<i>Ante operam</i> (3 mesi)	<i>Corso d'opera</i> (durata lavori)	<i>Post operam</i> (12 mesi)	Soggetto responsabile	
				Appaltatore	Amministrazione
Opere provvisoriale	–	✓	–	Installazione strumenti e letture	Letture in corso d'opera (50%)
Opere a cielo aperto	–	✓	✓	Installazione strumenti e letture	Letture in corso d'opera (50%)
Opere in sotterraneo	–	✓	–	Installazione strumenti e letture	Letture in corso d'opera (50%)
Monitoraggio geotecnico	✓	✓	✓	–	Installazione strumenti e letture

4 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

4.1 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Lungo il tracciato sono presenti sei viadotti, una galleria artificiale e un sottopasso scatolare, come riportato nella Tabella 4-1.

Tabella 4-1 Opere d'arte maggiori

	Opera d'arte maggiore	Prog. inizio (km)	Prog. fine (km)	Sviluppo (m)
VI01	Ponte scavalco fascia tubiera	6+474,29	6+544,29	70
VI02	Ponte scavalco deviazione canale Imboi	8+026,64	8+076,64	50
VI03	Cavalcavia asse principale Svincolo Capoterra - Casic	0+106,95	0+146,95	40
VI04	Ponte su canale Imboi Svincolo Capoterra - Casic (Ramo A)	0+162,75	0+187,79	25
VI05	Ponte su canale Imboi Svincolo Capoterra - Casic (Ramo B)	0+065,00	0+085,00	20
VI06	Ponte su canale Imboi Svincolo Capoterra - Casic	0+053,62	0+079,62	26
GA01	Scavalco fascia tubiera	8+336,41	8+541,86	205
ST01	Sottopasso scatolare Strada di accesso alla dorsale Casic	9+219,56	9+235,75	16

Le fondazioni dei viadotti VI01, VI02, VI04, VI05 e VI06 sono realizzate mediante pali trivellati con elica continua Ø1000 con lunghezza pari a 25 m.

Le fondazioni del viadotto VI03 sono invece realizzate mediante micropali Ø240 con lunghezza pari a 15 m.

Le fondazioni della galleria artificiale GA01 sono realizzate mediante l'esecuzione di colonne in jet grouting Ø600 poste ad interasse pari a 1,20 m in direzione longitudinale e trasversale e con lunghezza pari a 10 m.

4.2 OPERE D'ARTE MINORI

Lungo il tracciato sono presenti sette muri di sostegno e un muro di contenimento, come riportato nella Tabella 4-2.

Tabella 4-2 Opere d'arte minori

	Opera d'arte minore	Prog. inizio (km)	Prog. fine (km)	Sviluppo (m)
OS01	Muro di sostegno in destra	6+200,00	6+466,00	266
OS02	Muro di sostegno in sinistra	6+468,07	6+478,07	10
		6+566,96	6+576,96	10

PROGETTAZIONE ATI:

	Opera d'arte minore	Prog. inizio (km)	Prog. fine (km)	Sviluppo (m)
	<i>Muro di sostegno in destra</i>	6+557,57	6+567,57	10
OS03	<i>Opera di contenimento in c.a.</i>	0+088,24	0+099,13	11
OS04	<i>Muro di sostegno in sinistra</i>	8+013,75 8+102,99	8+028,72 8+117,93	15 15
	<i>Muro di sostegno in destra</i>	7+987,12 8+076,62	8+001,95 8+091,16	15 15
OS05	<i>Muri di sostegno in sinistra</i>	8+311,13	8+336,13	25
	<i>Muri di sostegno in destra</i>	8+275,00	8+338,03	63
OS06	<i>Muro di sostegno in destra</i>	8+541,86	8+566,83	25
OS07	<i>Muro di sostegno in sinistra</i>	8+541,98	8+700,00	158
OS08	<i>Muro di sostegno in sinistra</i>	8+869,06	8+950,00	81

Le fondazioni dei muri di sostegno sono realizzate mediante pali Ø1000 con lunghezza pari a 18 m.

Le fondazioni dell'opera di contenimento in c.a. OS03 sono realizzate mediante l'esecuzione di colonne in jet grouting Ø600 poste ad interasse pari a 1,20 m in direzione longitudinale e trasversale e con lunghezza pari a 10 m.

PROGETTAZIONE ATI:

5 PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO

5.1 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

5.1.1 Accessori topografici

Bulloni ancoraggio, caposaldi, target, prismi

DESCRIZIONE

Vengono utilizzati per il monitoraggio delle convergenze nelle gallerie in costruzione e nelle cavità sotterranee quali cunicoli, caverne, delle variazioni plano-altimetriche negli scavi all'aperto, dei movimenti franosi e sugli ammassi rocciosi instabili, per i controlli strutturali su edifici e infrastrutture.

L'utilizzo degli accessori per topografia quali target, mire, bulloni, prismi per installazioni permanenti sono ideali per le attività di monitoraggio e trovano applicazione nell'ambito del monitoraggio geotecnico, strutturale e dell'ingegneria civile, vengono fissati al manufatto da controllare, ed assicurano nel tempo ottime prestazioni e buone precisioni.

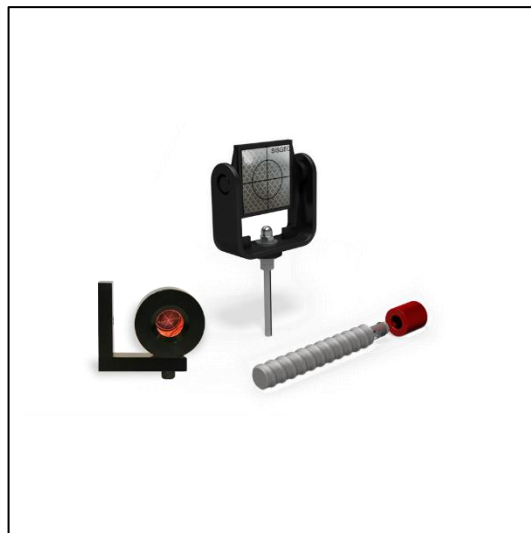


Figura 5.1 Accessori topografici

5.1.2 Carico e pressione

Barretta estensimetrica

DESCRIZIONE

Le barrette estensimetriche sono utilizzate per misurare gli stati tensionali esistenti in strutture portanti o per monitorare le tensioni esistenti nelle centine, durante le fasi di scavo delle gallerie. Tale controllo si rende necessario per la verifica delle tensioni e delle deformazioni delle opere di sostegno sia provvisorie che permanenti. I sensori estensimetrici sono installati al centro della barretta secondo una particolare disposizione che consente la compensazione del segnale elettrico dagli effetti termici e di flessione. La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento in caso di urti od immersione. La lettura dei dati può avvenire mediante l'utilizzo della centralina portatile o tramite un sistema automatico di acquisizione dati, progettato per realizzare il monitoraggio in continuo. La barretta è a tenuta stagna, può essere applicata esternamente a strutture sollecitate oppure annegata in getti di calcestruzzo per le misure delle sollecitazioni.

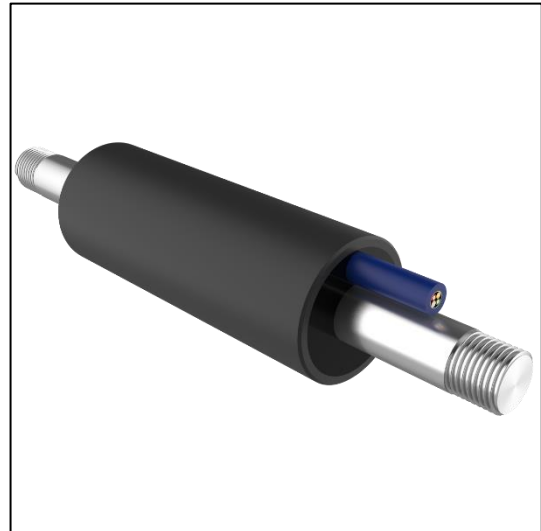


Figura 5.2 Barretta estensimetrica

APPLICAZIONE

▪ Strutture in calcestruzzo, travi e colonne ▪ Strutture in acciaio, tubi e centine ▪ Ponti e viadotti ▪ Gallerie ▪ Fondazioni, diaframmi ▪ Pali e prove su pali

CARATTERISTICHE

• Alta risoluzione ed accuratezza • Sensore di temperatura interno • Resistenza alle sovratensioni • Grado di protezione IP68 • Costruzione robusta e adatta anche per ambienti difficili • Possibilità di trasmettere il segnale anche su lunghe distanze • Affidabilità anche per monitoraggi di lungo termine

PROGETTAZIONE ATI:

5.1.3 Cedimento e spostamento

Assestimetro magnetico

DESCRIZIONE

Gli assestimetri magnetici sono utilizzati per controllare l'entità dei cedimenti e assestamenti del terreno, fenomeni frequenti durante la costruzione di rilevati stradali, argini e dighe in terra. Normalmente una colonna assestimetrica è dotata di una serie di punti di misura (anelli magnetici), la cui posizione, rilevata per mezzo della sonda di lettura, consente di conoscere gli abbassamenti relativi a ciascun tratto compreso tra due anelli e l'abbassamento totale rispetto ad un punto di riferimento. Gli anelli magnetici, per mezzo di molle in acciaio, sono solidali al terreno e quindi si spostano in conseguenza di compattazioni o spinte del terreno. Le letture vengono eseguite facendo scendere la sonda all'interno del tubo guida: essa permette perciò di rilevare la posizione assunta dagli anelli magnetici dopo gli assestamenti. Quando la sonda entra nella zona di campo magnetico di un anello, si chiude un circuito e si attiva un segnale acustico e visivo. L'operatore può quindi registrare la profondità cui si trova la sonda misurando il valore sul cavo centimetrato.



Figura 5.3 Assestimetro magnetico

APPLICAZIONE

▪ Cedimenti di rilevati stradali e ferroviari ▪ Cedimenti di fondazioni ▪ Cedimenti di dighe in terra ▪ Monitoraggio e controllo della subsidenza

CARATTERISTICHE

• Strumentazione economica ed efficace • Costruzione robusta e adatta anche per ambienti difficili • Affidabilità anche per monitoraggi di lungo termine

PROGETTAZIONE ATI:

5.1.4 Inclinazione

Inclinometro fisso da parete (clinometro)

DESCRIZIONE

I clinometri di superficie vengono utilizzati per monitorare cambiamenti nell'inclinazione di strutture, pareti, muri di contenimento, ammassi rocciosi e valutare il comportamento di ponti o travi caricate. Dotato di sensore di tipo MEMS biassiale, questo strumento rileva le variazioni angolari delle strutture fornendo utili indicazioni riguardanti i movimenti rotazionali delle stesse.

APPLICAZIONE

- Monitoraggio di strutture in calcestruzzo, travi e colonne
- Monitoraggio di strutture in acciaio
- Muri di contenimento
- Cedimenti del terreno
- Monitoraggio di frane

CARATTERISTICHE

- Precisione e resistenza
- Grado di protezione IP67
- Costruzione robusta e adatta anche per ambienti difficili
- Affidabilità anche per monitoraggi di lungo termine
- Installazione verticale e orizzontale
- Facilità di montaggio

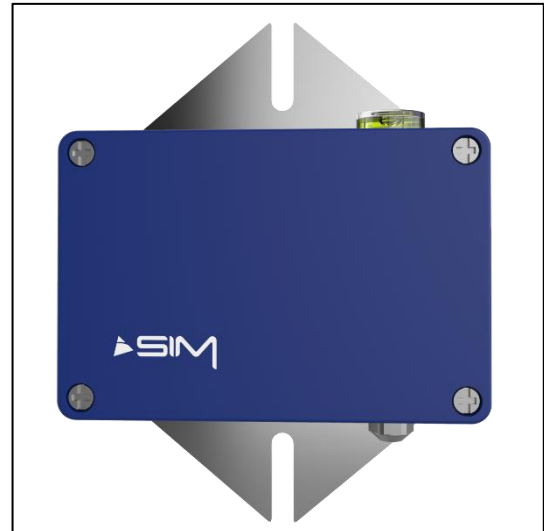


Figura 5.4 Clinometro di superficie

5.1.5 Portata e livello

Piezometro elettrico

DESCRIZIONE

Il piezometro elettrico è un trasduttore di pressione relativo che consente di determinare l'altezza piezometrica misurando la pressione idrostatica agente sul sensore immerso. All'interno del cavo di collegamento autoportante un tubicino mette in comunicazione la camera di riferimento del sensore con l'atmosfera, in modo tale che eventuali variazioni di pressione ambientale agiscano contemporaneamente sia sulla superficie piezometrica che sulla camera di riferimento: ciò permette di misurare la sola pressione piezometrica e quindi il livello dell'acqua. Nella sua versione con datalogger integrato, una scheda di acquisizione dati provvede alla automatizzazione e memorizzazione delle misure. Il sensore si compone di due parti collegate fra loro da un cavo di lunghezza variabile in funzione della profondità di installazione. La parte inferiore, dove è alloggiato il sensore e la scheda elettronica, ha forma cilindrica; la parte superiore, anch'essa di forma cilindrica, contiene la scheda di acquisizione dati, la batteria e il connettore per l'interfacciamento con il computer. L'eccezionale autonomia dovuta ai bassissimi consumi (con un intervallo di misura di un'ora, la vita della batteria è di oltre 2-3 anni), l'enorme capacità di memorizzazione, l'esecuzione compatta e robusta e la eccellente qualità dei componenti, fanno di questo misuratore di livello uno strumento adeguato per il controllo ed il monitoraggio dei livelli dell'acqua in piezometri, pozzi, canali, serbatoi, fiumi, laghi, ecc.



Figura 5.5 Piezometro elettrico

APPLICAZIONE

- Misure di livelli in piezometri a tubo aperto e Casagrande
- Misure di livello in canali, fiumi, laghi, pozzi, serbatoi, sorgenti, ecc.

CARATTERISTICHE

- Alta risoluzione e accuratezza
- Compensazione della pressione atmosferica
- Alimentazione con batteria a basso consumo
- Grado di protezione IP68
- Affidabilità anche per monitoraggi di lungo termine

Piezometro Casagrande e a tubo aperto

DESCRIZIONE

I piezometri trovano largo impiego per il rilievo della quota piezometrica delle falde acquifere e per la misura delle pressioni interstiziali in terreni saturi. La caratteristica principale che distingue i vari tipi di piezometri è il volume d'acqua necessario per ottenere la misura. Più il volume è piccolo, più il piezometro è idoneo a misurare variazioni di pressione con grande rapidità. In funzione di questa considerazione, esistono due tipi principali di piezometri: quelli a tubo aperto e quelli tipo Casagrande. I piezometri a tubo aperto sono costituiti da uno o più tubi fessurati collegati alla superficie mediante uno o più tubi ciechi. In questo caso l'acqua entra nel tubo attraverso il filtro di sabbia e ghiaietto ottenuto riempiendo l'intercapedine tra il tubo e le pareti del foro. All'interno del piezometro a tubo aperto l'acqua si stabilizza ad un livello che rappresenta il livello della falda acquifera circostante. Se invece la cella filtrante viene isolata dal resto del foro, essa servirà per misurare la pressione dell'acqua nello strato in cui è installata. In questo caso si parla di piezometro di Casagrande che viene utilizzato nel caso di misure di pressioni interstiziali in terreni mediamente permeabili. La misura del livello dell'acqua all'interno dei piezometri a tubo aperto e di Casagrande viene comunemente effettuata mediante il freatimetro elettrico o mediante un trasduttore di pressione, eventualmente collegato ad una centralina di acquisizione dati.



Figura 5.6 Tubo piezometrico

APPLICAZIONE

- Misure di livelli in piezometri a tubo aperto e Casagrande
- Misure di livello in canali, fiumi, laghi, pozzi, serbatoi, sorgenti, ecc.

5.2 UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

5.2.1 Viadotti

Per il monitoraggio geotecnico dei viadotti è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- mira ottica, n. 1 installata in testa a ciascuna spalla/pila;
- clinometro, n. 1 installato per ciascuna sottostruttura;
- barretta estensimetrica, n. 3 coppie installate con interasse di 5 m lungo il fusto di n. 2 pali di fondazione, per ciascuna fondazione);
- barretta estensimetrica, n. 3 coppie installate con interasse di 3 m lungo il fusto di n. 2 micropali di fondazione, per ciascuna fondazione);

Il numero e la tipologia della strumentazione installata sono riportati nella Tabella 5-1.

Tabella 5-1 Strumentazione installata nei viadotti

WBS	Mire ottiche	Clinometri	Barrette estensimetriche
VI01	4	4	48
VI02	2	2	24
VI03	2	2	24
VI04	2	2	24
VI05	2	2	24
VI06	2	2	24
TOTALE	14	14	168

5.2.2 Gallerie artificiali

Per il monitoraggio geotecnico della galleria artificiale è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- mira ottica, n. 1 installata in testa al piedritto con interasse di 25 m;
- mira ottica, n. 1 installata alla base del piedritto con interasse di 25 m;
- clinometro, n. 1 installato con interasse di 50 m;

Il numero e la tipologia della strumentazione installata sono riportati nella Tabella 5-2.

Tabella 5-2 Strumentazione installata nelle gallerie artificiali

WBS	Mire ottiche	Clinometri
GA01	48	12
TOTALE	48	12

5.2.3 Sottopassi scatolari

Per il monitoraggio geotecnico del sottopasso scatolare è prevista l'installazione della seguente strumentazione in n. 2 sezioni di misura:

- barretta estensimetrica, n. 1 coppia installata nella soletta inferiore e superiore.

Il numero e la tipologia della strumentazione installata sono riportati nella Tabella 5-3.

Tabella 5-3 Strumentazione installata nei sottopassi scatolari

WBS	Barrette estensimetriche
ST01	8
TOTALE	8

5.2.4 Muri di sostegno

Per il monitoraggio geotecnico dei muri di sostegno è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- mira ottica, n. 1 installata in testa al muro con interasse di 6 m;
- mira ottica, n. 1 installata alla base del muro con interasse di 12 m;

Il numero e la tipologia della strumentazione installata sono riportati nella Tabella 5-4.

Tabella 5-4 Strumentazione installata nei muri di sostegno

WBS	Mire ottiche	
	Base muro	Testa muro
OS01	20	40
OS02	3	6
OS04	4	8
OS05	6	13
OS06	2	4
OS07	12	24
OS08	6	12
Totale	53	107
TOTALE	160	

5.3 FREQUENZE E LETTURE A CARICO DELL'IMPRESA

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura della strumentazione su opere di sostegno e viadotti consta di letture iniziali, effettuate durante la costruzione della singola opera e di letture successive effettuate per tutta la durata di realizzazione dell'intera infrastruttura fino ad un anno dopo il termine dei lavori.

La durata prevista dei lavori è pari a 961 giorni.

Si considera una frequenza *in corso d'opera* con riferimento alla durata delle lavorazioni necessarie alla realizzazione della singola opera e una frequenza *post operam* distinta tra una frequenza di letture durante le lavorazioni di cantiere (opportunamente ridotta nel tempo) e una frequenza di letture che prosegue fino a dodici mesi dal termine dei lavori.

Una volta raggiunta la stabilizzazione delle misure, le eventuali ulteriori letture di controllo proseguiranno con frequenze da definire in corso d'opera. Pertanto, in funzione dei risultati e dell'andamento, le frequenze esposte potranno essere ridefinite dal Progettista e/o dalla Direzioni Lavori.

Il programma di acquisizione dati del monitoraggio in corso d'opera è riportato nelle tabelle seguenti.

5.3.1 Viadotti

Per i viadotti è prevista una sola lettura iniziale, ovvero la lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo per il fissaggio dei target).

A seguito della lettura zero sono previste letture della strumentazione con cadenza prestabilita nelle seguenti fasi:

- dal termine della singola opera fino alla conclusione dei lavori dell'intera infrastruttura;
- per i 12 mesi successivi al termine di realizzazione dell'intera infrastruttura.

Le frequenze di lettura in queste fasi vengono riportate in Tabella 5-5 in funzione della tipologia di strumentazione e del tempo trascorso dal fine lavori della singola opera.

Tabella 5-5 Frequenze delle letture (viadotti)

Strumentazione	Corso d'opera (0÷6 mesi)	Corso d'opera (6÷12 mesi)	Corso d'opera (>12 mesi)	Post operam (12 mesi)
Mire ottiche	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg
Clinometri	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg
Barrette estensimetriche	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg

5.3.2 Gallerie artificiali

Per le gallerie artificiali è prevista una sola lettura iniziale, ovvero la lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo per il fissaggio dei target).

A seguito della lettura zero sono previste letture della strumentazione con cadenza prestabilita nelle seguenti fasi:

- dal termine della singola opera fino alla conclusione dei lavori dell'intera infrastruttura;
- per i 12 mesi successivi al termine di realizzazione dell'intera infrastruttura.

Le frequenze di lettura in queste fasi vengono riportate in Tabella 5-6 in funzione della tipologia di strumentazione e del tempo trascorso dal fine lavori della singola opera.

Tabella 5-6 Frequenza delle letture (gallerie artificiali)

Strumentazione	Corso d'opera (0÷6 mesi)	Corso d'opera (6÷12 mesi)	Corso d'opera (>12 mesi)	Post operam (12 mesi)
Mire ottiche	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg
Clinometri	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg

5.3.3 Sottopassi scatolari

Per i sottopassi scatolari è prevista una sola lettura iniziale, ovvero la lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo per il fissaggio dei target).

A seguito della lettura zero sono previste letture della strumentazione con cadenza prestabilita nelle seguenti fasi:

- dal termine della singola opera fino alla conclusione dei lavori dell'intera infrastruttura;
- per i 12 mesi successivi al termine di realizzazione dell'intera infrastruttura.

Le frequenze di lettura in queste fasi vengono riportate in Tabella 5-7 in funzione della tipologia di strumentazione e del tempo trascorso dal fine lavori della singola opera.

Tabella 5-7 Frequenza delle letture (sottopassi scatolari)

Strumentazione	Corso d'opera (0÷6 mesi)	Corso d'opera (6÷12 mesi)	Corso d'opera (>12 mesi)	Post operam (12 mesi)
Barrette estensimetriche	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg

5.3.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno si prevede la lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo per il fissaggio dei target).

La frequenza delle letture successive, da effettuare dal termine della costruzione della singola opera al termine di realizzazione dell'intera infrastruttura e per l'anno successivo a quest'ultimo termine, viene riportata nella Tabella 5-8 in funzione della tipologia di strumentazione e del tempo trascorso dal fine lavori della singola opera.

Tabella 5-8 Frequenza delle letture (muri di sostegno)

Strumentazione	Corso d'opera (0÷6 mesi)	Corso d'opera (6÷12 mesi)	Corso d'opera (>12 mesi)	Post operam (12 mesi)
Mire ottiche	1/15 gg	1/30 gg	1/60 gg	1/60 gg

PROGETTAZIONE ATI:

6 PIANO DI MONITORAGGIO INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Per il monitoraggio degli interventi di consolidamento a fine lotto si prevede l'installazione della seguente strumentazione:

- piezometro, per il controllo dello stato di regime idraulico;
- assestimetro magnetico, per il controllo dei cedimenti di rilevati.

6.1 UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Per maggiori dettagli sull'ubicazione della strumentazione si rimanda all'elaborato grafico del monitoraggio geotecnico (*codice elaborato T00GE00MOGDI07*).

Nella Tabella 6-1 si riporta, per ogni area interessata dagli interventi di consolidamento, la strumentazione prevista.

Tabella 6-1 Strumentazione prevista per gli interventi di consolidamento

Intervento	Sigla	Piezometro		Sigla	Assestimetro	
		n°	Lunghezza		n°	Lunghezza
Consolidamento prog. km 10+025 prog. km 10+302	Pz01	1	15 m	As01	1	25 m
	-	-	-	As02	2	25 m
	-	-	-	-	-	-

Nel piano di monitoraggio sono incluse anche le letture dei piezometri installati nella fase progettuale preliminare, tra cui i piezometri a tubo aperto S5-PZ, S9-PZ e S11-PZ.

6.2 FREQUENZE E LETTURE A CARICO DELL'IMPRESA

La frequenza delle letture successive viene riportata nella Tabella 6-2 in funzione della tipologia di strumentazione prevista.

Tabella 6-2 Frequenza delle letture

Strumentazione	<i>Ante operam</i> (3 mesi)	Corso d'opera (durata lavori)	<i>Post operam</i> (12 mesi)
Piezometro	1/30 gg	1/30 gg	1/60 gg
Estensimetro	1/30 gg	1/30 gg	1/60 gg

7 GESTIONE DATI DI MONITORAGGIO

7.1 SOGLIE DI ALLERTA E ALLARME

Per tutta la strumentazione installata, mediante valutazioni teoriche quantitative, saranno definite soglie di allerta e soglie di allarme.

7.2 METODO EMISSIONE DATI

I sensori sono collegati via cavo a un sistema di acquisizione dati costituito da un *data logger* statico (indicato con DS) e i dati registrati verranno trasferiti in rete mediante piattaforma web di nuova generazione e successivamente processati mediante un software che restituisce tabulati di facile lettura e comprensione.

I dati dei singoli sensori, non solo vengono valutati singolarmente, ma possono essere riaggregati dinamicamente tramite modelli fisici interpretativi. Il sistema di acquisizione dati permette di memorizzare la grande mole di dati provenienti dai sensori in modo automatico, secondo un intervallo di tempo preimpostato dall'operatore.

7.3 ANALISI DEI DATI

L'analisi dei dati di monitoraggio sarà a cura di figure professionali specifiche all'interno delle strutture organizzative dell'impresa e della Direzione Lavori. L'installazione degli strumenti e l'analisi dei dati di monitoraggio sono previsti a cura dell'impresa esecutrice dei lavori, mentre la Direzione Lavori avrà la possibilità di fare dei controlli puntuali sia con misure in contraddittorio (stimate in quantità pari a circa il 50% delle misure previste a carico dell'impresa), sia tramite verifiche specifiche.