



Autostrada Asti-Cuneo

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)
LOTTO 6 RODDI-DIGA ENEL

STRALCIO a
TRA IL LOTTO II.7 E LA PK. 5+000

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE GEOTECNICHE

MONITORAGGIO GEOTECNICO
PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	10-2022	Elaborati nuova emissione - INTEGRAZIONI VIA	Corti	Lombardo	Sguazzo	Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							06.04.01	

CODIFICA	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	WBS
	P017	D	MNG RH 001	A	A33126A000
					CUP
					G31B20001080005

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto od in parte, senza il consenso scritto dell' Autostrada ASTI - CUNEO S.p.A.. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge. This document may not be copied, reproduced or published, either in part or in its entirety, without the written permission of Autostrada Asti - Cuneo S.p.A.. Unauthorized use will be persecute by law.

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	4
2. MONITORAGGIO DELLE TRINCEE	5
2.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	5
2.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO	5
2.2.1. <i>Scopo</i>	5
2.2.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	5
2.2.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	6
2.2.4. <i>Modalità di misura</i>	6
2.2.5. <i>Restituzione dati</i>	6
2.3. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DELL'OPERA DI SOSTEGNO	7
2.3.1. <i>Scopo</i>	7
2.3.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	7
2.3.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	7
2.3.4. <i>Modalità di misura</i>	7
2.3.5. <i>Restituzione dati</i>	7
2.4. MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA	8
2.4.1. <i>Scopo</i>	8
2.4.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	8
2.4.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	8
2.4.4. <i>Modalità di misura</i>	8
2.4.5. <i>Restituzione dati</i>	8
3. MONITORAGGIO DEI RILEVATI	9
3.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	9
3.2. MISURA DEGLI ASSESTAMENTI DEL TERRENO.....	9
3.2.1. <i>Scopo</i>	9
3.2.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	9
3.2.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	9
3.2.4. <i>Modalità di misura</i>	10
3.2.5. <i>Restituzione dati</i>	10
3.3. SEZIONI DI MONITORAGGIO.....	10
3.3.1. <i>Sezione di monitoraggio tipo</i>	10
4. MONITORAGGIO DELLE AREE POTENZIALMENTE INSTABILI	12
4.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	12
4.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO	12

4.2.1.	Scopo.....	12
4.2.2.	Descrizione della strumentazione e modalità di installazione.....	12
4.2.3.	Frequenza dei rilevamenti	12
4.2.4.	Modalità di misura	13
4.2.5.	Restituzione dati.....	13
4.3.	MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA	13
4.3.1.	Scopo.....	13
4.3.2.	Descrizione della strumentazione e modalità di installazione.....	14
4.3.3.	Frequenza dei rilevamenti	14
4.3.4.	Modalità di misura	14
4.3.5.	Restituzione dati.....	14
4.4.	MONITORAGGIO DI POTENZIALI FENOMENI CARSICI.....	14

1. INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta le indicazioni relative al monitoraggio geotecnico previsto per le opere di sostegno delle trincee, per i rilevati e per gli interventi di stabilizzazione previsti a presidio delle aree potenzialmente instabili che interferiscono con il tracciato nell'ambito del Collegamento autostradale Asti-Cuneo, Tronco II - Lotto 6 (Roddi-Diga ENEL), stralcio "a".

In particolare il presente documento riporta le descrizioni della strumentazione prevista e definisce le finalità del monitoraggio geotecnico previsto.

2. MONITORAGGIO DELLE TRINCEE

2.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio geotecnico delle opere di sostegno delle trincee è finalizzato al controllo delle condizioni di sicurezza delle opere ed alla verifica delle stime effettuate in fase di progettazione.

Il monitoraggio viene eseguito in alcune sezioni di riferimento, collocate nelle aree più critiche, in termini di profondità della trincea ed in punti fisicamente accessibili.

La strumentazione di monitoraggio che verrà impiegata comprende:

- Inclinatori (esistenti);
- capisaldi topografici da posizionarsi sulla trave di coronamento della paratia di pali;
- piezometri di tipo Casagrande (esistenti).

Tutti gli strumenti saranno installati, o ripristinati, e resi efficienti durante la fase di costruzione delle opere.

Le misure verranno conseguentemente impiegate dalla Direzione Lavori per le necessarie valutazioni.

2.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO

2.2.1. Scopo

Il monitoraggio inclinometrico è la misurazione e lo studio degli spostamenti orizzontali a diverse profondità nel terreno. Questi spostamenti vengono rilevati da strumenti chiamati sonde inclinometriche (mono-biassiali) che rilevano un'inclinazione all'interno di tubazioni inserite nei terreni (frane).

La misura degli spostamenti del terreno ha lo scopo di monitorare l'evoluzione, se presente, dei movimenti franosi e permettere di intervenire se necessario in modo preventivo.

2.2.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione esistente e da utilizzarsi per il monitoraggio inclinometrico del terreno è costituita da:

- Inclinatori inseriti all'interno di fori di sondaggio, disposti secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto Ubicazione strumentazione di monitoraggio (rif. 06.04.02_P017_D_GEO_PG_001_A, 06.04.03_P017_D_GEO_PG_002_A e 06.04.04_P017_D_GEO_PG_003_A).
In particolare si fa riferimento agli inclinometri inseriti nei sondaggi B02, B04, B06, B10, B12, B13 e B16.

Contestualmente alla fase di verifica e ripristino della strumentazione verranno eseguite le necessarie misurazioni inclinometriche iniziali di precisione.

2.2.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento delle opere di sostegno oggetto di monitoraggio.

La prima misura di zero andrà eseguita al ripristino dello strumento. Successivamente le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

2.2.4. Modalità di misura

Le misure inclinometriche devono essere effettuate mediante la seguente strumentazione:

- una sonda inclinometrica biassiale, costituita da un corpo di acciaio inox munito di rotelle di guida con passo di 500 mm (intervallo di misura), dotata di appositi sensori servoaccelerometrici per la misura dell'inclinazione, con campo di misura di $\sim\pm 30^\circ$, sensibilità non inferiore a $1/20.000 \text{ sen } \alpha$ ($= 50 \text{ } \mu\text{m/m}$) e assetto azimutale non superiore a 0.5° ; i servoaccelerometri sono disposti su due piani ortogonali tra loro, dei quali uno parallelo alle scanalature di guida e l'altro perpendicolare ad esse;
- centralina portatile digitale, con appositi display per la lettura dei dati, eventualmente dotata di sistema di acquisizione;
- cavo elettrico di collegamento tra la sonda inclinometrica e la centralina di misura, con tacche vulcanizzate ogni 0.5 m e lunghezza non inferiore a 50 m, con relativo rullo avvolgicavo; la distanza tra la prima tacca di riferimento del cavo e l'asse tra le rotelle superiori della sonda inclinometrica dovrà in ogni caso essere pari a 500 mm; l'errore della metratura del cavo dovrà essere inferiore a 5 cm ogni 100 m e l'allungamento con carico di 20 kg inferiore allo 0.05%; il cavo dovrà inoltre garantire nel tempo la costanza della distanza tra le tacche di misura, da verificare con bindella metrica indeformabile ad intervalli regolari, non superiori a 6 mesi;
- carrucola dotata di strozzacavo da installare temporaneamente sulla testa del tubo inclinometrico durante le letture;
- sonda testimone per il controllo dei tubi inclinometrici prima dell'inizio di una serie di misure, con relativo rullo avvolgicavo.

2.2.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota della testa degli inclinometri;
- l'andamento degli spostamenti cumulativi lungo la verticale in modo da avere il movimento della tubazione a partire dalla prima misura.

2.3. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DELL'OPERA DI SOSTEGNO

2.3.1. Scopo

La misura degli spostamenti della trave di coronamento delle opere di sostegno ha lo scopo di monitorare, attraverso l'installazione di mire topografiche, gli spostamenti dell'opera di sostegno a seguito della realizzazione della trincea stradale. Nota la posizione iniziale prima dell'inizio della costruzione con misure di spostamenti successivi si valuterà per differenza lo spostamento progressivo dovuto alle diverse fasi di costruzione.

Tutte le misure dovranno essere riferite a capisaldi fissi esterni all'area di influenza del rilevato.

2.3.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio degli spostamenti della trave di coronamento delle opere di sostegno sarà costituita da capisaldi topografici. In particolare si prevede di installare:

- N° 2 capisaldi per la Paratia 1
- N° 2 capisaldi per la Paratia 2
- N° 3 capisaldi per la Paratia 3
- N° 4 capisaldi per la Paratia 4

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione.

2.3.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento della costruzione delle opere nelle tratte oggetto di monitoraggio.

Dovrà essere effettuata una serie di almeno 4 letture di zero per ogni strumento, la cui media fungerà da riscontro per le misure successive.

Le misure andranno eseguite con cadenza mensile per i primi 12 mesi dal completamento della costruzione delle opere di sostegno e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

2.3.4. Modalità di misura

I capisaldi topografici verranno letti mediante livellazione.

2.3.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota e planimetrica di tutti i punti di misura;
- variazione della quota altimetrica e della posizione di tutti i punti di misura.

2.4. MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA

2.4.1. Scopo

La misura del livello di falda ha lo scopo di verificare gli effetti generati dalla costruzione della trincea che potrebbero costituire un ostacolo al regolare deflusso della falda.

La misura verrà effettuata tramite piezometri posti su sezioni strumentate sia a monte che a valle delle trincee, confrontando i valori di monte e di valle.

2.4.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione, già esistente, per il monitoraggio del livello di falda sarà costituita da celle piezometriche di tipo Casagrande.

I piezometri sono inseriti all'interno di fori di sondaggio, disposti secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto Ubicazione strumentazione di monitoraggio (rif. 06.04.02_P017_D_GEO_PG_001_A, 06.04.03_P017_D_GEO_PG_002_A e 06.04.04_P017_D_GEO_PG_003_A).

In particolare si fa riferimento ai piezometri attrezzati nei sondaggi B02, B04, B06, B10, B12, B13 e B16.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione al fine di determinare la quota di testa dei piezometri cui riferire le misurazioni successive.

2.4.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento della costruzione della trave di coronamento delle opere di sostegno, nelle tratte oggetto di monitoraggio.

La prima misura di zero andrà eseguita al ripristino dello strumento. Successivamente le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

Una volta all'anno dovrà essere eseguita anche una livellazione al fine di verificare la quota della testa dei piezometri.

2.4.4. Modalità di misura

La lettura dei piezometri avverrà mediante freatimetro elettrico.

2.4.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- livello piezometrico in tutti i punti di misura;
- variazione del livello piezometrico di tutti i punti di misura.

3. MONITORAGGIO DEI RILEVATI

3.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio geotecnico è finalizzato al controllo delle condizioni di sicurezza dell'opera ed alla verifica delle stime effettuate in fase di progettazione e riguarda:

- i tratti del tracciato in rilevato, per i quali risulta importante tenere sotto controllo i cedimenti del terreno indotti dalla realizzazione dell'opera;

Il monitoraggio viene eseguito in alcune sezioni di riferimento, collocate nelle aree più critiche, in termini di altezza dei rilevati, o in termini di caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, ed in punti fisicamente accessibili.

La strumentazione di monitoraggio che verrà impiegata comprende:

- assestimetri a piastra
- capisaldi topografici

Tutti gli strumenti saranno installati e resi efficienti durante la fase di costruzione dell'opera stradale.

Le misure verranno conseguentemente impiegate dalla Direzione Lavori per le necessarie valutazioni.

3.2. MISURA DEGLI ASSESTAMENTI DEL TERRENO

3.2.1. Scopo

La misura degli assestamenti del terreno ha lo scopo di monitorare, attraverso l'installazione di piastre assestimetriche, i cedimenti che si sviluppano nel terreno a seguito della costruzione del rilevato stradale. Nota la quota iniziale prima dell'inizio della costruzione con misure di livellazione successive si valuterà per differenza l'abbassamento progressivo dovuto ai riporti.

Tutte le misure dovranno essere riferite a capisaldi fissi esterni all'area di influenza del rilevato.

3.2.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio dei cedimenti del terreno sarà costituita da:

- assestimetri a piastra, disposti secondo una maglia regolare sulla sezione di monitoraggio;
- capisaldi topografici.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione.

3.2.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento dei rilevati nelle tratte oggetto di monitoraggio.

Dovrà essere effettuata una serie di almeno 4 letture di zero per ogni strumento, la cui media fungerà da riscontro per le misure successive.

Le misure andranno eseguite con cadenza mensile per i primi 12 mesi dal completamento della costruzione dei rilevati oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

3.2.4. Modalità di misura

Gli assestimetri a piastra verranno letti mediante livellazione rispetto ai capisaldi topografici installati.

3.2.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota di tutti i punti di misura;
- variazione della quota altimetrica di tutti i punti di misura;
- differenza reciproca della quota altimetrica per tutti i punti di misura lungo un allineamento.

3.3. SEZIONI DI MONITORAGGIO

Nell'ambito del lotto di progetto è prevista una sezione tipologica per il monitoraggio dei rilevati. La sezione è riportata nella seguente

SEZIONE TIPOLOGICA MONITORAGGIO

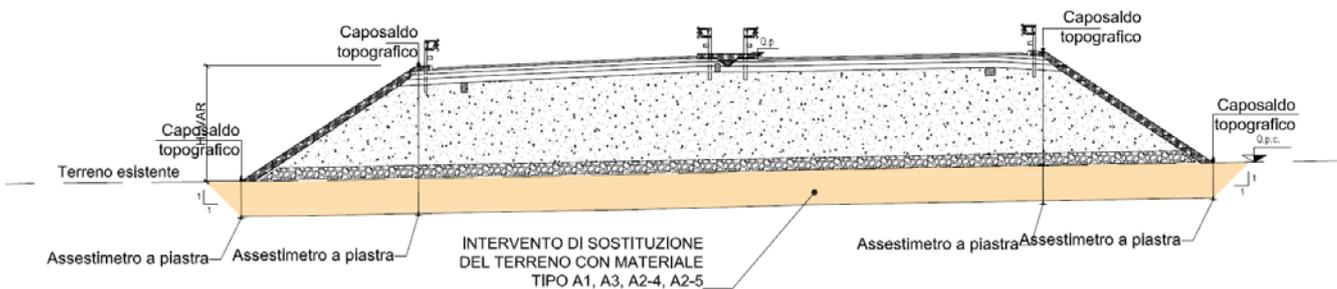


Figura 1 Sezione tipologica monitoraggio rilevati

3.3.1. Sezione di monitoraggio tipo

La sezione di monitoraggio tipo 1 è finalizzata alla misura dei cedimenti dei rilevati, e prevede l'installazione di:

- n° 4 assestimetri a piastra
- n° 4 capisaldi topografici sulla testa degli assestimetri.

La sezione di monitoraggio verrà installata indicativamente alle progressive seguenti:

- Sezione SM-01: progressiva 0+100
- Sezione SM-02: progressiva 0+200
- Sezione SM-03: progressiva 0+725
- Sezione SM-04: progressiva 0+825
- Sezione SM-05: progressiva 1+200
- Sezione SM-06: progressiva 1+300
- Sezione SM-07: progressiva 1+400
- Sezione SM-08: progressiva 1+500
- Sezione SM-09: progressiva 1+600
- Sezione SM-10: progressiva 1+680
- Sezione SM-11: progressiva 1+720
- Sezione SM-12: progressiva 1+760
- Sezione SM-13: progressiva 2+000
- Sezione SM-14: progressiva 2+075
- Sezione SM-15: progressiva 2+100
- Sezione SM-16: progressiva 2+135
- Sezione SM-17: progressiva 2+300
- Sezione SM-18: progressiva 2+350
- Sezione SM-19: progressiva 2+400
- Sezione SM-20: progressiva 2+450
- Sezione SM-21: progressiva 2+880
- Sezione SM-22: progressiva 2+950
- Sezione SM-23: progressiva 3+050

4. MONITORAGGIO DELLE AREE POTENZIALMENTE INSTABILI

4.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio geotecnico delle aree in frana è finalizzato al controllo delle condizioni di sicurezza delle aree che sono state individuate come potenzialmente instabili.

Il monitoraggio viene eseguito in ciascuna delle aree individuate come più critiche ed in punti fisicamente accessibili.

La strumentazione di monitoraggio che verrà impiegata comprende:

- inclinometri
- piezometri di tipo Casagrande.

Tutti gli strumenti saranno installati e resi efficienti durante la fase di costruzione degli interventi di stabilizzazione e drenaggio delle suddette aree.

Le misure verranno conseguentemente impiegate dalla Direzione Lavori per le necessarie valutazioni.

4.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO

4.2.1. Scopo

Il monitoraggio inclinometrico è la misurazione e lo studio degli spostamenti orizzontali a diverse profondità nel terreno. Questi spostamenti vengono rilevati da strumenti chiamati sonde inclinometriche (mono-biassiali) che rilevano un'inclinazione all'interno di tubazioni inserite nei terreni (frane).

La misura degli spostamenti del terreno ha lo scopo di monitorare l'evoluzione, se presente, dei movimenti franosi e permettere di intervenire se necessario in modo preventivo.

4.2.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio inclinometrico del terreno sarà costituita da:

- Inclinometri inseriti all'interno di fori di sondaggio, disposti secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto per ciascuna area in frana. Si vedano in particolare gli elaborati Ubicazione strumentazione di monitoraggio (rif. 06.04.02_P017_D_GEO_PG_001_A, 06.04.03_P017_D_GEO_PG_002_A e 06.04.04_P017_D_GEO_PG_003_A).

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie misurazioni inclinometriche iniziali di precisione.

4.2.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento degli interventi di stabilizzazione nelle aree oggetto di monitoraggio.

La prima misura dovrà essere effettuata non prima di 10-14 giorni dopo il completamento di installazione del tubo inclinometrico nei fori di sondaggio, per garantire la sufficiente impostazione

della malta. Dopo 1 settimana dalla prima, una seconda misura deve essere eseguita. Successivamente le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione dei rilevati a monte delle aree in frana oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

4.2.4. Modalità di misura

Le misure inclinometriche devono essere effettuate mediante la seguente strumentazione:

- una sonda inclinometrica biassiale, costituita da un corpo di acciaio inox munito di rotelle di guida con passo di 500 mm (intervallo di misura), dotata di appositi sensori servoaccelerometrici per la misura dell'inclinazione, con campo di misura di $\sim \pm 30^\circ$, sensibilità non inferiore a $1/20.000 \text{ sen } \alpha$ ($= 50 \mu\text{m/m}$) e assetto azimutale non superiore a 0.5° ; i servoaccelerometri sono disposti su due piani ortogonali tra loro, dei quali uno parallelo alle scanalature di guida e l'altro perpendicolare ad esse;
- centralina portatile digitale, con appositi display per la lettura dei dati, eventualmente dotata di sistema di acquisizione;
- cavo elettrico di collegamento tra la sonda inclinometrica e la centralina di misura, con tacche vulcanizzate ogni 0.5 m e lunghezza non inferiore a 50 m, con relativo rullo avvolgicavo; la distanza tra la prima tacca di riferimento del cavo e l'asse tra le rotelle superiori della sonda inclinometrica dovrà in ogni caso essere pari a 500 mm; l'errore della metratura del cavo dovrà essere inferiore a 5 cm ogni 100 m e l'allungamento con carico di 20 kg inferiore allo 0.05%; il cavo dovrà inoltre garantire nel tempo la costanza della distanza tra le tacche di misura, da verificare con bindella metrica indeformabile ad intervalli regolari, non superiori a 6 mesi;
- carrucola dotata di strozzacavo da installare temporaneamente sulla testa del tubo inclinometrico durante le letture;
- sonda testimone per il controllo dei tubi inclinometrici prima dell'inizio di una serie di misure, con relativo rullo avvolgicavo.

4.2.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota della testa degli inclinometri;
- l'andamento degli spostamenti cumulativi lungo la verticale in modo da avere il movimento della tubazione a partire dalla prima misura.

4.3. MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA

4.3.1. Scopo

La misura del livello di falda ha lo scopo di verificare l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza delle aree potenzialmente in frana e gli effetti generati dalla costruzione dei rilevati stradali in prossimità delle stesse.

La misura verrà effettuata tramite piezometri posizionati sia nelle porzioni di monte che di valle delle aree in frana, secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto di riferimento per ciascuna area. Si vedano in particolare gli elaborati Ubicazione strumentazione di monitoraggio (rif. 06.04.02_P017_D_GEO_PG_001_A, 06.04.03_P017_D_GEO_PG_002_A e 06.04.04_P017_D_GEO_PG_003_A).

4.3.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio del livello di falda sarà costituita da celle piezometriche di tipo Casagrande.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione al fine di determinare la quota di testa dei piezometri cui riferire le misurazioni successive.

4.3.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento della costruzione degli interventi di stabilizzazione nelle aree oggetto di monitoraggio.

Dopo 2 settimane dall'installazione dovrà essere effettuata una lettura di zero per ogni strumento, che fungerà da riscontro per le misure successive.

Le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione dei rilevati a monte delle aree in frana oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

Una volta all'anno dovrà essere eseguita anche una livellazione al fine di verificare la quota della testa dei piezometri.

4.3.4. Modalità di misura

La lettura dei piezometri avverrà mediante freatimetro elettrico.

4.3.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- livello piezometrico in tutti i punti di misura;
- variazione del livello piezometrico di tutti i punti di misura.

4.4. MONITORAGGIO DI POTENZIALI FENOMENI CARSIICI

L'area di Verduno è caratterizzata dalla presenza di alcuni fenomeni di carsismo che sono stati rilevati anche durante le visite in campo dei geologi che hanno studiato l'assetto geologico e geomorfologico dell'area di interesse. Tuttavia sono stati riscontrati sempre e solo in zone molto più a monte del tracciato autostradale di progetto dove le coperture dei limi sabbiosi e argillosi superficiali sono meno spesse e offrono quindi una protezione minore ai gessi che possono essere sede di carsismi dovuti alla dissoluzione.

Sono inoltre stati effettuati dei rilievi geoelettrici durante la campagna di indagini del 2018 mirati specificatamente alla verifica della presenza di eventuali cavità in corrispondenza delle opere di progetto. Tali indagini hanno dato esito negativo, come pure le osservazioni fatte durante l'esecuzione dei sondaggi. Si ritiene pertanto che non sia necessario prevedere delle attività di monitoraggio specificatamente mirate allo studio di questi possibili fenomeni, anche perché sarebbero da svolgersi principalmente in aree che non sono interessate dal progetto, né nelle immediate vicinanze.