

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA898**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlaccini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**GEOTECNICA**  
**MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE**  
Relazione di monitoraggio geotecnico e strutturale

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04GE01GETRE01A		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04GE01GETRE01	A	-
A	Emissione		Ott 2021	E.Sellari	F. Durastanti N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CRITERI DI MONITORAGGIO.....	4
3. PIANO DI MONITORAGGIO .....	5
4. STRUMENTAZIONE .....	7
5. SOGLIE DI ALLERTA E DI ALLARME .....	8
6. FREQUENZE DI LETTURA.....	9
7. MONITORAGGIO OPERE DI SOSTEGNO .....	11
7.1 SOGLIE OPERA PER MURO OS08: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 12+721.95 A 12+776.28 L=54.33MT .....	13
7.2 SOGLIE OPERA PER MURO OS10: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 12+851.81 A 12+896.41 L=44.6MT.....	13
7.3 SOGLIE OPERA PER MURO OS11: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 16+818 A 17+240 L=422MT.....	13
7.4 SOGLIE OPERA OS71: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 1+428.63 A 1+685.60 L=256.97MT .....	14
7.5 SOGLIE OPERA OS72: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 1+480 A 1+686.12 L=206.12MT	14
7.6 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO BUONAFEDE: PARATIA PROGR.VA KM.CA 12+576.....	14
7.7 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO MARGI: PARATIA PROGR.VA KM.CA 9+732 .....	15
7.8 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO SAN LEONARDO: DA PROGR.VE KM.CHE 18+214 A 18+508.....	16
7.8.1 Soglie opera per spalla 1 .....	16
7.8.2 Soglie opera per pila 1 .....	16
7.8.3 Soglie opera per pila 2 .....	16

7.8.4 Soglie opera per pila 3 .....	17
7.8.5 Soglie opera per pila 4 .....	17
7.8.6 Soglie opera per spalla 2 .....	17

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione è esposto il programma di monitoraggio delle opere di sostegno relative alla progettazione "Collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della s.s. 514 "di Chiaramonte" e della s.s. 194 ragusana dallo svincolo con la s.s. 115 allo svincolo con la s.s. 114", lotto 3 da pk 3+220 a pk 3+468.

Il programma di monitoraggio prevede la posa in opera e la lettura programmata di apposite strumentazioni, quali mire, celle di carico, ecc..

Le indicazioni fornite nella presente relazione sono scaturite da considerazioni di tipo teorico e tecnico. In corso d'opera andranno quindi verificate e meglio adattate alla situazione reale valutando la possibilità di incrementare o ridurre le strumentazioni e la frequenza delle letture, in funzione del reale comportamento registrato e della risposta deformativa degli ammassi e del terreno in relazione alla realizzazione dell'opera.

## 2. CRITERI DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio è stato pensato in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione della situazione in corso d'opera. Ciò al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di effetti sulle interferenze con le preesistenze e del comportamento delle nuove strutture in corso di realizzazione.

A titolo non esaustivo, tali azioni correttive potranno consistere:

- integrazioni del monitoraggio previsto (come quantità e tipologia della strumentazione e come frequenza di lettura della stessa);
- integrazioni degli interventi di consolidamento e/o contenimento;
- variazioni delle modalità di risposta alle ipotesi di progetto.

L'insieme dei dati raccolti relativi agli effetti indotti nel volume di terreno interessato, potrà essere confrontata con quanto previsto in progetto, al fine di verificare la validità delle ipotesi assunte e dei modelli utilizzati.

### 3. PIANO DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio proposto per le opere di sostegno prevede un controllo completo degli aspetti tensionali e deformativi delle opere, ovvero:

- controllo topografico in testa al cordolo delle paratie mediante mire ottiche;
- controllo topografico su determinate sezioni verticali delle paratie mediante mire ottiche;
- controllo completo della deformata mediante apposizione di strumentazione inclinometrica; controllo completo della deformata delle paratie e dei profili di spostamento orizzontale delle coltri franose a ridosso delle opere mediante apposizione di strumentazione inclinometrica;
- controllo tensionale degli ancoraggi attivi mediante celle di carico toroidali.

Le sezioni verticali (cfr. Figura 1) sono delle sezioni di monitoraggio che prevedono la strumentazione della paratia con:

- Mira ottica di precisione in testa al singolo palo strumentato della sezione (MO);
- Mira ottica di precisione per ognuno degli  $n$  livelli di vincolo (MO);
- Cella toroidale applicata ad ognuno degli  $n$  livelli tirantati, necessaria a valutare lo stato di sforzo dei tiranti (CT);
- Tubo inclinometrico posizionato all'interno dell'armatura dei pali o, nel caso di muro su pali, a tergo dei pali stessi (INCL).

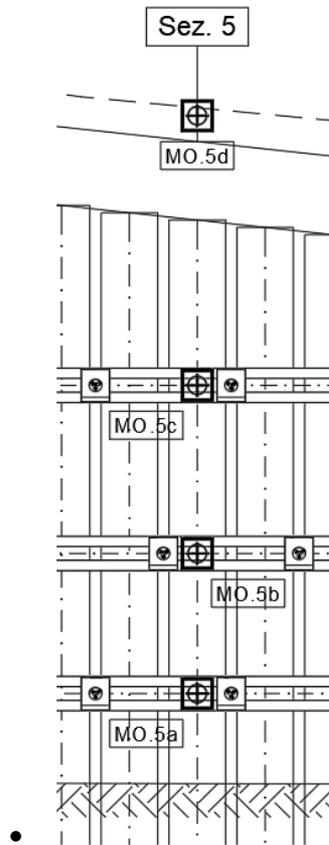


Figura 1: Strumentazione della sezione di monitoraggio.

## 4. STRUMENTAZIONE

Le **mire ottiche** sono disponibili in vari modelli, dal semplice target tape adesivo fino alla mira bifacciale dotata di adattatore per chiodo di convergenza filettato.

La strumentazione di base di un **inclinometro** è costituita da:

- *tubo inclinometrico* in alluminio o ABS, a sezione circolare, provvisto di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica. Riproduce le deformazioni della massa di terreno così che le misure di inclinazione siano rappresentative degli effettivi movimenti. Mantiene costante il riferimento azimutale delle misure grazie alle quattro guide. Può essere installato in fori subverticali perforati attraverso la massa di terreno oppure inserito all'interno della struttura di sostegno. La posizione iniziale è stabilita con una serie di misure dette misure di zero; le misure successive consentono di stabilire l'entità e le velocità dei movimenti alle varie profondità;
- *sonda inclinometrica*. È costituita da un corpo metallico cilindrico provvisto di 2 carrelli che consentono di mantenere costante l'orientamento azimutale della sonda e quindi dei sensori contenuti. I sensori, nel caso di sonde biassiali, misurano l'inclinazione in due piani ortogonali, uno dei quali è il piano delle ruote dei carrelli ed è convenzionalmente chiamato asse A mentre l'altro è chiamato asse B. Le misure sono quindi puntuali, riferite cioè ad una precisa quota, generalmente ogni 0.5 m;
- *cavo di misura*. Serve per calare la sonda in profondità e per effettuare il collegamento elettrico. È armato con un cavo ed una treccia in acciaio inox per evitare l'allungamento, ed è provvisto di tacche tattili ogni 0.5 m,
- *centralina di misura*. Permette di rilevare i valori inclinometrici alle varie quote nella forma più idonea per l'elaborazione.

Le **celle di carico toroidali per tiranti** possono essere:

- di *tipo idraulico*. Sono composte da un corpo in acciaio inox di forma toroidale al cui interno è ricavata una camera di pressione; la camera di pressione viene riempita sotto vuoto con olio disareato. Un manometro con scala in KN consente la misura diretta del carico. Montando al posto del manometro un trasduttore di pressione elettrico è possibile automatizzare la misura trasmettendo i dati in remoto;
- 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.

## 5. SOGLIE DI ALLERTA E DI ALLARME

Per tutta la strumentazione installata sono definiti le rispettive soglie di allerta ed allarme, attraverso modellazione. In particolare di seguito si forniscono:

- le deformate misurate e attese attraverso l'analisi degli spostamenti a quota cordolo e in corrispondenza delle travi di ripartizione;
- confronto del tiro sui tiranti tra progettato e misurato;

A seconda degli esiti delle specifiche analisi per gli spostamenti i valori di soglia vengono generalmente così definiti:

- soglia di allerta quando lo spostamento misurato raggiunge il 100% del valore previsto dal modello allo SLE;
- soglia di allarme quando lo spostamento misurato raggiunge il 120% del valore previsto dal modello allo SLE.

Per il tiro sui tiranti si considera:

- soglia di allerta quando la sollecitazione raggiunge il 100% del valore previsto dal modello allo SLE;
- soglia di allarme quando il tiro raggiunge l'80% del valore della resistenza di progetto a sfilamento.

## 6. FREQUENZE DI LETTURA

Le frequenze di lettura della strumentazione vengono di seguito definite.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo necessario per il fissaggio dei target);
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ciascuna fase di scavo;
- n. 1 lettura dopo la tesatura degli ancoraggi;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;
- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura degli inclinometri può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;
- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle celle di carico toroidali sui tiranti può essere sintetizzato come segue:

- taratura e verifica dello strumento durante la fase di collaudo con le letture effettuate per ogni incremento di carico previsto (l'installazione della cella potrà inoltre fornire indicazioni sul corretto valore di pretiro);
- lettura di zero effettuata subito dopo l'esecuzione del pretiro del tirante;
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ciascuna fase di scavo;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;

- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

La frequenza delle letture in corso d'opera definite in precedenza potranno subire variazioni in qualsiasi momento a seguito di eventuali anomalie o incrementi del comportamento deformativo delle opere o del raggiungimento dei limiti di progetto.

Si evidenzia che in caso di danneggiamento e/o rottura della strumentazione installata, si dovrà procedere all'immediato ripristino della stessa e dovrà essere effettuata una nuova "lettura di zero".

A fine costruzione a partire dall'inizio dell'esercizio delle opere di sostegno il piano di monitoraggio si estenderà per 2 anni con una frequenza di n. 1 lettura/90gg e per successivi 8 anni con una frequenza di n. 1 lettura/180gg.

## 7. MONITORAGGIO OPERE DI SOSTEGNO

Complessivamente si prevede l'apposizione della seguente strumentazione:

Tabella 1: Strumentazione necessaria al monitoraggio delle opere di sostegno.

Opera	Descrizione	Sez.	Inclinometri	Celle di carico toroidali	Mire Ottiche
OS08	Paratia da progr.12+721.95 a progr. 12+776.28 L=54.33 mt	1	1	0	1
OS10	Paratia da progr. 12+851.81 a progr. 12+896.41 L=44.6 mt	1	1	0	1
OS11	Paratia da progr. 16+818 a progr. 17+240 L=422mt	1	1	0	1
OS71	Paratia da progr. 1+428.63 a progr. 1+685.60 L=256.97mt	1	1	0	1
OS72	Paratia da progr. 1+480 a progr. 1+686.12 L=206.12 mt	1	1	0	1
VIAD. BUONAFEDE	Paratia progr. 12+576	1	1	0	1
VIAD. MARGI	Paratia progr. 9+ 732	2	2	3	3
VIAD. SAN LEONARDO-SPALLA 1	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	4	4
VIAD. SAN LEONARDO-PILA 1	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	0	1
VIAD. SAN LEONARDO-PILA 2	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	0	1
VIAD. SAN LEONARDO-PILA 3	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	0	1
VIAD. SAN LEONARDO-PILA 4	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	0	1
VIAD. SAN LEONARDO-SPALLA 2	Sviluppo viadotto da progr.ve 18+214 a progr. 18+508	1	1	0	1

MANDATARIA:

MANDANTI:

Si rimanda agli elaborati grafici specifici per i dettagli costruttivi e di posizionamento.

7.1 SOGLIE OPERA PER MURO OS08: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 12+721.95 A 12+776.28 L=54.33MT

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	12.5	15.0

7.2 SOGLIE OPERA PER MURO OS10: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 12+851.81 A 12+896.41 L=44.6MT

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	8.2	9.8

7.3 SOGLIE OPERA PER MURO OS11: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 16+818 A 17+240 L=422MT

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	6.3	7.6

#### 7.4 SOGLIE OPERA OS71: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 1+428.63 A 1+685.60 L=256.97MT

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	17.9	21.5

#### 7.5 SOGLIE OPERA OS72: PARATIA DA PROGR.VE KM.CHE 1+480 A 1+686.12 L=206.12MT

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	18	21.6

#### 7.6 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO BUONAFEDE: PARATIA PROGR.VA KM.CA 12+576

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	29.2	35.0

## 7.7 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO MARGI: PARATIA PROGR.VA KM.CA 9+732

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI			TIRO TIRANTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)		SOGLIA ALLERTA (kN)	SOGLIA ALLARME (kN)
MO.1a	8.6	10.3	CT.1a	461.3	603.2
MO.1b	9.1	10.9	CT.1b	452.5	603.2
MO.1c	6.9	8.3			

- SEZIONE 2

SPOSTAMENTI			TIRO TIRANTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)		SOGLIA ALLERTA (kN)	SOGLIA ALLARME (kN)
MO.2a	4.6	5.5	CT.2a	452	603.2
MO.2b	6.9	8.3			

## 7.8 SOGLIE OPERA PER VIADOTTO SAN LEONARDO: DA PROGR.VE KM.CHE 18+214 A 18+508

### 7.8.1 Soglie opera per spalla 1

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI			TIRO TIRANTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)		SOGLIA ALLERTA (kN)	SOGLIA ALLARME (kN)
MO.1a	21.9	26.3	CT.1a	250	335.2
MO.1b	19.2	23.0	CT.1b	321.1	418.9
MO.1c	12.3	14.8	CT.1c	315	418.9
MO.1d	4.5	5.4	CT.1d	293.1	368.8
MO.1e	3.3	4.0			

### 7.8.2 Soglie opera per pila 1

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	24	28.8

### 7.8.3 Soglie opera per pila 2

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	29.7	35.6

#### 7.8.4 Soglie opera per pila 3

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	10.3	12.4

#### 7.8.5 Soglie opera per pila 4

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	41.5	49.8

#### 7.8.6 Soglie opera per spalla 2

- SEZIONE 1

SPOSTAMENTI		
	SOGLIA ALLERTA (mm)	SOGLIA ALLARME (mm)
MO.1a	11.3	13.6