

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p><b>IL PROGETTISTA</b> Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA PK0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA</p>		SS0486_F0
--	--	-----------

CODICE	C G 0 7 0 0	P	R G	D S	S C	0 0	G 0	0 0	0 0	0 0	1 2	F0
--------	-------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PRO ITER Srl	G.SCIUTO	F.COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....		3
PREMESSA.....		4
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO.....		4
1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....		4
1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA .....		5
1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....		6
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....		7
2 FASI COSTRUTTIVE.....		9
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO .....		10
3.1 MISURE TOPOGRAFICHE .....		10
3.1.1 Modalità d'installazione.....		11
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....		11
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....		11
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		12

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

### 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

Nell'ambito del progetto del ponte sullo stretto di Messina, lato Sicilia, è prevista la realizzazione di un tratto di muro di sottoscampa del rilevato della Rampa 4 dello Svincolo Curcuraci, ubicato tra le progressive 0+177.69 km e 0+220 km.

L'opera in oggetto è costituita da un muro in c.a. gettato in opera di altezza variabile tra 1m e 4.90m, a sostegno di un terrapieno avente inclinazione delle scarpate pari a 4/7 (circa 29°).

I muri sono suddivisi in muri su fondazioni superficiali con taglione di altezza 2m e spessore 1,2m, per muri con altezza fino a 3m, e in muri su fondazioni di tipo profondo costituite da diaframmi in c.a. di dimensioni 1.2m x 2.5m.

I diaframmi saranno realizzati con benna mordente per muri di altezza superiore a 3m.

A tergo dell'opera di sostegno è previsto materiale drenante e un tubo di drenaggio per lo smaltimento delle eventuali acque di infiltrazione.

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dai depositi alluvionali e dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina e dei depositi alluvionali.

#### 1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro di sottoscampa in oggetto si trova nella tratta tra le progressive 177.69km e 220.00km della Rampa 4 dello Svincolo Curcuraci.

I muri oggetto di verifica hanno le seguenti geometrie di calcolo:

Lunghezza fondazione [m]	Spessore fondazione [m]	Altezza elevazione [m]	Spessore elevazione [m]	Peso elevazione [kN]	Peso fondazione [kN]
4	0,6	3	0,3 ÷ 0,6	33,75	60
4,5	1	5	0,3 ÷ 0,8	68,75	112,5

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni delle Sabbie e Ghiaie di Messina e dei Depositi alluvionali.

Per quanto riguarda le Sabbie e Ghiaie di Messina, sono granulometricamente descritte come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Si rilevano strati di ghiaie cementate, come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco della galleria stradale Faro Superiore e Balena; in questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.

I Depositi alluvionali sono invece costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

La falda non risulta interferente con le opere, come si evince dagli elaborati di progetto:

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDSSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Sicilia
CG0800PRGDSSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DSSBC6G000000009 -10-11-12	Carta idrogeologica versante Sicilia
CG0800PF6DSSBC6ST000000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST000000011- 12-13-14-15-25-26-27-28	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Messina

Per le informazioni più specifiche pertinenti gli studi geologici-geomorfologici, dai quali è stata

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA	<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

definita la caratterizzazione geotecnica e geologica, si rimanda agli elaborati relativi alla geologia ed alla geotecnica presenti negli studi di base (Componente di progetto 8 per la Calabria e 36 per la Sicilia).

### 1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Gli elaborati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione geotecnica sono:

- "Relazione Geotecnica Generale" (cod. CG0800PRBDSSCB8G000000001C)
- "Relazione sismica generale" (cod. CG0800PRGDCSBC8G000000001C)
- "Profili geotecnici" (cod. CG0800PFZDCSBC8ST000000001C, 02C, 03C, 04C, 05C, 06C, 07C, 08C, 09C, 10C, 11C, 12C, 13B, 14A, 15A).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche (sondaggio S417)
- Prove granulometriche (sondaggi S417, SPPS02 e SPPS03)
- Prove SPT (sondaggi S415, S416, S417, S418, SPPS02, SPPS03)
- 1 prova Cross Hole (sondaggio S418)
- 1 prova sismica a rifrazione locale (SRD3)
- 5 prove pressiometriche (sondaggi S417, S418)
- 4 prove Lefranc (sondaggi S417 e S418)

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Stratigrafia	prof. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (Kpa)
Rilevato	-	20	38	0
Depositi alluvionali recenti	0 – 4.5	18.5	38	0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina	>4.5	18.5	38	0
<b>Falda</b>	ASSENTE			

\* E' = modulo di Young "operativo"; \* = si considerano valori nel range per fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

## 1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'

L'azione sismica di progetto, desunta dal D.M. del 14/01/2008, deriva dalla pericolosità sismica di base del sito; in particolare, viene definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ( $a_g$ ). Lo stato limite di servizio indagato è lo Stato Limite di Danno (SLD), lo stato limite ultimo indagato è lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Trattandosi di un'opera di sostegno di altezza superiore a 5m si sono considerate le seguenti condizioni vita nominale e classe d'uso:

Vita nominale della costruzione	100 anni
Classe d'uso della costruzione	IV
Coefficiente d'uso della costruzione $c_u$	2

Inserendo questi parametri e le coordinate geografiche dell'opera (riportate di seguito) nel programma Spettri di risposta ver. 1.0.3 distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP si ottengono i valori di  $a_g$  da utilizzare nella progettazione:

Lat.	38° 15' 12.12" N
Long.	15° 34' 55.73" E

$a_{g-SLV}$	0.412
$a_{g-SLD}$	0.158

A partire dalle accelerazioni su suolo rigido si ricavano le accelerazioni attese al sito ( $a_{max}$ ), ottenute moltiplicando le  $a_g$  per i coefficienti correttivi che tengono conto delle possibili amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. La categoria di suolo prevista è C, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$S_{S-SLV}$	1.088
$S_{S-SLD}$	1.476
$S_T$	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.448$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.233$

I coefficienti sismici di progetto per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri si deducono, in accordo con il D.M. del 14/01/2008, sulla base delle relazioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove  $\beta_m$  è il coefficiente che porta in conto la riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito a causa della deformabilità dell'opera. La normativa specifica di ricavare il valore di tale coefficiente dalla Tabella 7.11.II, dove vengono assegnati range di valori in funzione di  $a_g$ ; poiché però l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera, nello stato indagato SLV, il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g) si è proceduti ad una estrapolazione dei valori della tabella, ottenendo il grafico sottostante:

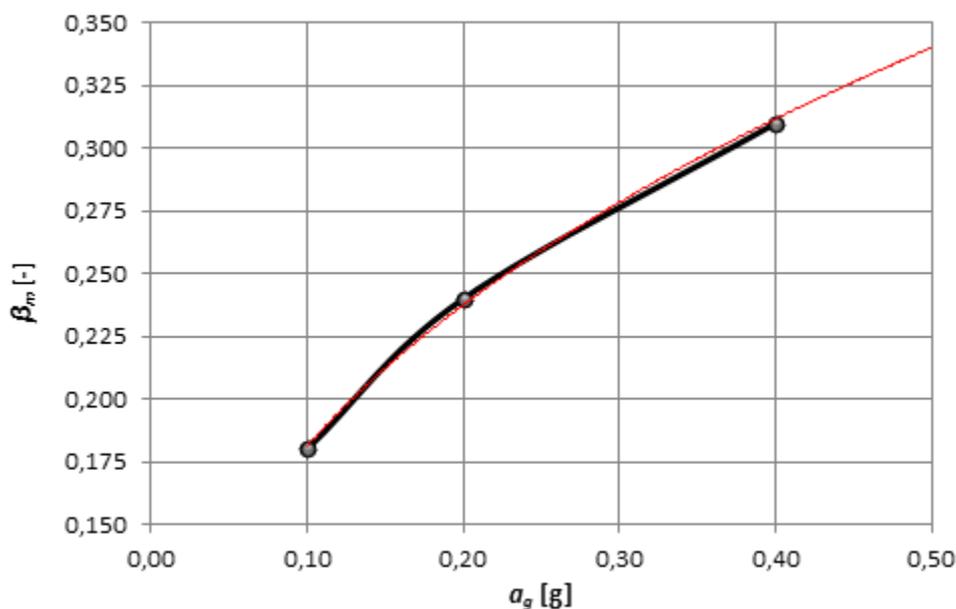


Grafico 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA	<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Cautelativamente si è assunto  $\beta_m = 0.35$  per SLV.

Per SLD risulta:  $\beta_m = 0.24$

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente  $\beta_m$  non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g). Attraverso l'estrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

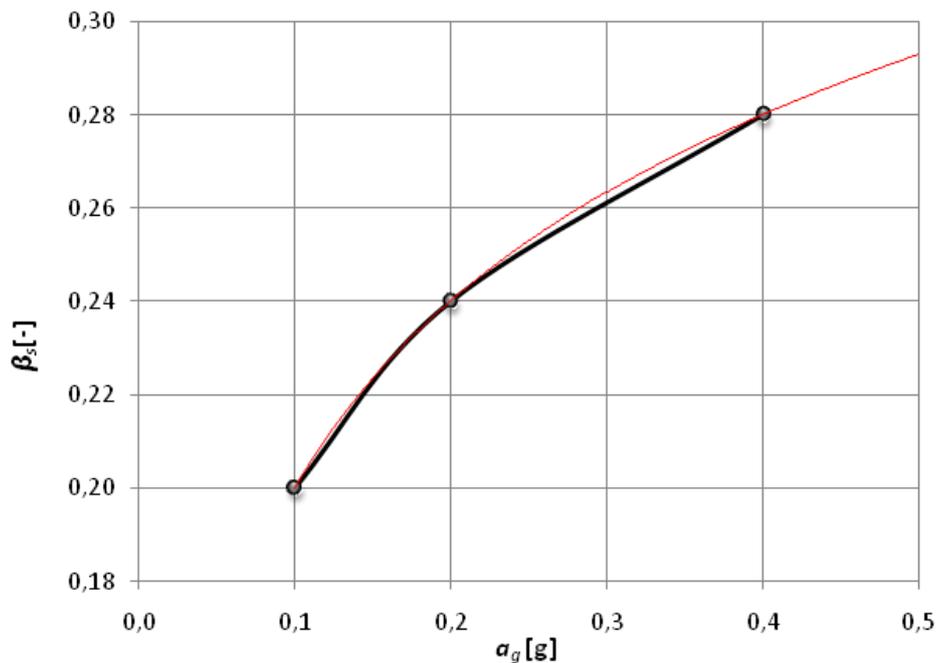


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_s = 0.30$ .

## 2 FASI COSTRUTTIVE

Nel seguito vengono brevemente descritte le fasi esecutive per la realizzazione dell'opera in oggetto:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- sbancamento per raggiungere la quota di imposta della fondazione;
- realizzazione dei diaframmi o del taglione;
- getto in c.a. della fondazione con adeguati ferri di ripresa per la successiva solidarizzazione con l'elevazione;
- getto in c.a. dell'elevazione;
- riempimento a tergo del muro con inclinazione 4/7 (cioè circa 29°).

### 3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO

Il presente documento fornisce indicazioni relative al piano di monitoraggio da applicare per l'esecuzione dei muri.

Tale programma viene predisposto al fine 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.

E' stato pertanto definito un sistema di monitoraggio costituito da:

- controlli topografici di **mire ottiche** installate sulle opere di sostegno e sulle berme degli sbancamenti, mediante chiodi in acciaio oppure supporti tassellati per mire removibili, ubicati in corrispondenza delle berme di scavo, in testa al muro e su due/tre/quattro ordini dell'opera di sostegno, in funzione dell'altezza. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del muro, in testa e sulle sezioni ad altezze intermedie, nelle tre direzioni dello spazio.

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

#### 3.1 MISURE TOPOGRAFICHE

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'opera di sostegno e gli sbancamenti dovranno essere strumentati attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento.

### 3.1.1 Modalità d'installazione

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

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

Alternativamente, il chiodo potrà essere annegato direttamente nel getto della struttura da monitorare.

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.

### 3.1.2 Sistema di acquisizione dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti sia del pendio riprofilato (berma), sia del muro, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali del muro, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti in coordinate assolute.

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

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

### 3.1.3 Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti:

#### **Muro:**

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI - RAMPA 4 DA K0+178 A PK0+220 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA	<i>Codice documento</i> SS0486_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**Berme:**

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

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

- 1 lettura giornaliera per la prima settimana dal completamento dello scavo;
- 1 lettura settimanale per il successivo mese;
- 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. Al termine dell'opera potranno essere previste ulteriori letture a cadenza trimestrale finché possano essere ritenuti nulli gli spostamenti registrati.

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

## 4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato											
Muro sostegno Curcuraci-rampa 4 da pk 0+178 a pk 0+220 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	S	SC	00	G0	00	00	00	12
Muro sostegno Curcuraci-rampa 4 da pk 0+178 a pk 0+220 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	S	SC	00	G0	00	00	00	20
Muro sostegno Curcuraci-rampa 4 da pk 0+178 a pk 0+220 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	S	SC	00	G0	00	00	00	27
Muro sostegno Curcuraci-rampa 4 da pk 0+178 a pk 0+220 - pianta, prospetto, sezioni e sezioni tipo	Varie	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	07
Muro sostegno Curcuraci-rampa 4 da pk 0+178 a pk 0+220 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	S	SC	00	G0	00	00	00	12