

# 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>IL PROGETTISTA</p>  <p>S.p.A. CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEOTECNICA</p> <p>Dott. Ing. G. Cassani Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	--	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>RILIEVI ACCERTAMENTI E IND. IN CAMPO-PIANO DELLE IND.GEOGNOSTICHE</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE</p> <p>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>SR0193_F0</b></p> </div>
---	--	---

CODICE	C	G	0	8	0	0	Q	P	R	D	S	R	I	I	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	L. BELLARDO	F. PENNINO	G. CASSANI

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

INDICE.....		2
1 1 Premessa.....		4
2 Programma Indagini .....		5
2.1 Collegamenti stradali e ferroviari .....		6
2.1.1 Descrizione delle litologie lungo il tracciato delle opere .....		7
2.1.2 Criticità lungo il tracciato delle opere.....		8
2.1.3 Indagini previste .....		9
2.2 Descrizione delle varianti.....		11
2.3 Realizzazione delle indagini .....		11
2.4 Considerazioni conclusive .....		12
2.5 Consuntivo delle Indagini .....		15

### APPENDICE A - Planimetria Indagini P.E. (Verbale di Riunione del 24/02/2011)

#### ALLEGATI:

- Tabella A – quadro riepilogativo sondaggi e prove geotecniche Opere Infrastrutturali – Lato Sicilia
- Tabella B – quadro riepilogativo Prove di laboratorio Opere Infrastrutturali – Lato Sicilia
- “Planimetria indagini geognostiche Sicilia” in scala 1:15000/1:2000, lato Sicilia, 12 elaborati



**Ponte sullo Stretto di Messina**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE

*Codice documento*

CG0800QPRDSRII50000000001FO

*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 1 1 Premessa

La presente nota tecnica presenta il piano di indagini da eseguirsi per la redazione del Progetto Definitivo del Viadotto Pantano e dei Collegamenti stradali e ferroviari al Ponte sullo Stretto di Messina, lato Sicilia. L'ubicazione di dettaglio delle singole indagini è riportata nelle planimetrie allegata alla presente nota tecnica.

Nel documento di gara GCG.F.02.03 (Specifiche tecniche generali di progettazione: indagini geognostiche) è riportato il programma di indagini geotecniche che è inteso come requisito minimo ai fini del progetto, e sono riportate le specifiche per le prove in sito e di laboratorio. Nello stesso documento viene specificato che il programma minimo d'indagine deve essere svolto prevalentemente nell'ambito della Progettazione Definitiva.

Nel documento di gara è definita anche una proposta per l'ubicazione delle singole indagini (cfr. allegato 2 al documento GCG.F.02.03).

Il presente documento contiene il programma delle indagini geotecniche da eseguire per la progettazione del Viadotto Pantano e dei collegamenti stradali e ferroviari versante Sicilia. Il programma di indagine soddisfa i requisiti di minimo specificati nei documenti di gara ed include un numero limitato di indagini aggiuntive (installazione di inclinometri, di piezometri a tubo aperto).

L'ubicazione di dettaglio delle singole indagini è riportata nelle planimetrie allegata alla presente nota tecnica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 2 Programma Indagini

L'esame di tutta la documentazione alla base del Progetto Preliminare e del Progetto di Gara ha evidenziato che le indagini ad oggi eseguite risultano localizzate soprattutto sulle strutture dell'opera di attraversamento, e solo in misura minore sulle opere a terra. Queste comprendono oltre all'opera di attraversamento, la realizzazione di una serie di gallerie, stradali e ferroviarie per il collegamento tra il ponte e la città di Messina. Lo sviluppo complessivo delle gallerie è di circa 50 Km, da realizzarsi sia in tradizionale sia in meccanizzato.

Pertanto in questa fase di Progettazione Definitiva risulta necessario eseguire una nuova e più estesa campagna di indagini geognostiche finalizzata all'approfondimento delle caratteristiche geologiche, geostrutturali e geotecniche ad oggi disponibili, ed, in particolare, finalizzate alla definizione di una caratterizzazione lito – stratigrafica e geotecnica in corrispondenza delle singole opere d'arte: gallerie, viadotti, rilevati e scavi in trincea.

Il presente piano delle indagini, pur rispettando i requisiti minimi descritti nel documento di gara, contiene un certo numero di indagini aggiuntive, e numerosi spostamenti delle singole indagini rispetto a quanto rappresentato nell'allegato 2 alla specifica tecnica GCG.F.02.03. Le variazioni, di quantità e di spostamento, a giudizio di chi scrive, sono indispensabili per una corretta progettazione delle opere e soprattutto, sono legate in parte, all'introduzione di una serie di varianti di tracciato, descritte al paragrafo 2.3 ed in parte, all'entrata in vigore della nuova normativa tecnica nazionale (ad esempio per quanto attiene alla classificazione sismica del suolo).

Le singole indagini da eseguire sono descritte nella presente nota tecnica e la loro ubicazione è rappresentata nelle tavole allegate. Alcune indagini potranno subire in corso d'opera ulteriori spostamenti, in funzione delle seguenti problematiche:

- verifica dell'accessibilità ai siti
- prime risultanze in corso di esecuzione
- eventuale variazione dei tracciati piano - altimetrici, tuttora in fase di definizione dal punto di vista geometrico.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 2.1 Collegamenti stradali e ferroviari

L'esame della documentazione a disposizione, a partire dal Progetto di Massima del 1992, ha evidenziato che la ricostruzione dei profili geologico – geotecnici lungo i tracciati delle opere stradali e ferroviarie, posti a base del Progetto di Gara, si è basata sull'interpretazione dei dati ottenuti da una serie di indagini geognostiche eseguite a partire dal 1984, nel dettaglio:

- indagini 1984
- indagini 1987
- indagini 1988
- indagini 1992
- indagini 2002.

La base cartografica di riferimento nell'elaborazione del presente piano delle indagini è rappresentata dai documenti di Stretto di Messina che si riferiscono al Progetto Preliminare, in particolare tra i documenti di base della geologia sono da elencare i seguenti: PP\_2R\_A23; PP\_2D\_A2001; PP\_2R\_C02001; PP\_2C\_02003-09.

Entrambi i tracciati, ferroviario e stradale, presentano due carreggiate, una per ogni senso di marcia.

Il progetto di collegamento del Ponte sullo Stretto prevede la realizzazione delle seguenti opere d'arte, stradali e ferroviari:

### tracciato stradale

- a partire dalla Struttura Terminale del Ponte inizia il Viadotto Pantano
- a partire dal Viadotto Pantano è prevista una prima tratta all'aperto, in rilevato, a seguire:
- galleria "Faro Superiore"
- tratta in viadotto
- galleria "Balena I" (direzione Messina) e galleria "Balena II" (direzione Reggio Calabria)
- tratta in viadotto
- galleria "Le Fosse"
- tratta in viadotto
- galleria "Serrazzo"

### tracciato ferroviario

- galleria "S. Agata"
- breve tratta all'aperto all'incirca tra il Km 5 ed il Km 6

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- galleria “S. Cecilia”
- 3 fermate metropolitane: Papardo, Europa, Annunziata.

E' importante evidenziare che sia il tracciato stradale sia quello ferroviario sono state oggetto di varianti di tracciato, rispetto al progetto di gara, che saranno descritte nel successivo paragrafo 2.2.

### 2.1.1 Descrizione delle litologie lungo il tracciato delle opere

Al fine di fornire un primo inquadramento geologico generale, le litologie presenti lungo i tracciati delle opere, in base alle ricostruzioni ad oggi disponibili, possono essere così sintetizzate:

- Il tracciato stradale si svilupperà per la maggior parte del suo sviluppo, presumibilmente all'interno delle Ghiaie di Messina, sicuramente fino alla galleria “Le Fosse”; il tracciato previsto di quest'ultima galleria, è spostato a nord e, potrebbe incontrare le litologie appartenenti al basamento cristallino e/o al complesso marnoso-argilloso, così come parte del tracciato relativo alla Galleria “Serrazzo”;
- Il tracciato ferroviario si svilupperà, anch'esso, quasi totalmente all'interno delle Ghiaie di Messina, fino all'incirca al Km 13, come risulta dal profilo di previsione, quindi si svilupperà all'interno del complesso marnoso-argilloso nel basamento cristallino, e nelle alluvioni recenti in corrispondenza delle tratte previste a basse coperture;
- Le aree di imbocco delle gallerie sono interessate quasi sempre dalle Coperture Detritiche.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle litologie presenti lungo i tracciati, a partire dalla più antica alla più recente.

#### Basamento cristallino

Costituisce il substrato di tutte le formazioni affioranti ed è costituito dal cristallino antico che appartiene alla falda dell'Aspromonte, corrispondente all'unità superiore del Complesso Calabride. In particolare sono interessate le Plutonici, rocce magmatiche intrusive dentro gli scisti cristallini; presentano uno stato di cataclasi più o meno spinto ed uno stato di diffusa di alterazione, anche in profondità.

#### Trubi e Complesso argilloso – sabbioso

Localmente presenta la facies tipica di marne bianco – crema ma molto più frequentemente è rappresentata da marne sabbiose e/o marne argillose.

#### Ghiaie di Messina

Le Ghiaie di Messina sono costituite da monotone e potenti sequenze ghiaioso – sabbiose, con

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

rare intercalazioni sabbiose o, sporadicamente, limose (Pleistocene inferiore e medio). Talora sono presenti livelli ghiaiosi debolmente cementati. Fondamentalmente si tratta di un terreno sciolto o con un grado di cementazione molto bassa.

#### Coperture detritiche

Sono rappresentate da depositi recenti e/o antropici, sono costituite da terreni sabbioso – ghiaiosi di spessore modesto.

### **2.1.2 Criticità lungo il tracciato delle opere**

Con riferimento alla Progettazione Definitiva delle Infrastrutture per i lavori in oggetto, l'esame dei dati ad oggi a disposizione (cfr. Progetto preliminare) ha evidenziato le seguenti criticità di cui occorre tener conto in questa fase di indagini integrative:

- in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie sono presenti diffuse coltri di alterazione del substrato che dovranno essere indagate in maniera puntuale, per questo motivo sono stati previsti, in aggiunta alle verticali geognostiche, stendimenti sismici, oltre alla redazione di specifici rilievi geostrutturali di dettaglio; in alcuni casi, ad esempio in corrispondenza dell'area in frana, nella zona dell'Annunziata, è prevista l'installazione di tubi inclinometrici per il monitoraggio dell'area, interessata da un corpo franoso già cartografato nel Progetto Preliminare; lungo il tracciato stradale è prevista l'installazione di altri inclinometri per il monitoraggio dei versanti in corrispondenza di aree individuate come sedi di potenziali instabilità diffuse dalla carta geomorfologica di Progetto Preliminare;
- in considerazione della carenza di dati per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, si è ritenuto indispensabile un adeguato studio idrogeologico di tutta l'area al fine di individuare l'effettiva quota di falda, l'eventuale presenza di un carico idraulico gravante sulle gallerie, eventuali interferenze ad oggi non ancora segnalate con sorgenti od acquiferi; per questo motivo, in aggiunta alle attività di rilievo e censimento dei punti d'acqua, i fori di sondaggio saranno quasi tutti attrezzati a piezometri con celle Casagrande od a tubi aperto, ad eccezione delle verticali in cui sono previste le prove crosshole;
- lungo il tracciato delle gallerie è stata prevista una frequenza delle verticali geognostiche in linea con le previsioni del programma di indagini presentato in gara e, considerando altresì sia la complessità della situazione litostratigrafia attesa, sia la vicinanza di interferenze critiche (frane, edifici, manufatti di innesto per le gallerie, ecc.);
- specifiche indagini sono state anche ubicate in corrispondenza delle fondazioni dei principali



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

viadotti, al fine di definire le tipologie di fondazione delle opere e procedere ad un corretto dimensionamento delle stesse, nonché in prossimità di opere in terra significative, in particolare sbancamenti per zone di tracciato a mezza costa o in tratte in presenza di opere di sostegno;

- le ubicazioni dei sondaggi riportate nelle planimetrie in allegato, sono variate rispetto a quanto previsto dall'allegato 2 delle specifiche GCG. F.02.03 in relazione alla variazione dei tracciati; ulteriori spostamenti e/o integrazioni in corso di esecuzione potranno essere possibili sulla base di motivazioni litologiche e/o tettoniche e saranno di competenza del geologo responsabile degli studi geologici ed idrogeologici, subordinatamente all'approvazione della Committente;
- le ubicazioni dei sondaggi riportate nelle planimetrie in allegato sono comunque da considerarsi indicative e suscettibili di spostamenti per motivi di accessibilità ai luoghi convenuti; le variazioni e le relative motivazioni, saranno comunque comunicate alla Committente.

### 2.1.3 Indagini previste

La Tabella A in allegato descrive sinteticamente le indagini da eseguire per il versante Sicilia. In particolare sono riportate:

- la sigla identificativa del sondaggio,
- l'ubicazione del sondaggio,
- la lunghezza prevista,
- le prove in situ da eseguire,
- il numero di campioni rimaneggiati ed indisturbati da prelevare,
- l'eventuale strumentazione da installare nel foro di sondaggio,
- descrizione sito ubicazione del sondaggio.

Nella presente nota, viene definito il numero delle prove in situ, (in linea con le osservazioni in merito alle prove geotecniche in situ su fori di sondaggio espressamente manifestate nel corso delle riunioni di pari oggetto con la Committente e PMC), SPT, pressiometriche/dilatometriche e le prove di permeabilità in corrispondenza delle verticali di sondaggio, adeguato per ottenere dati utili alla progettazione delle opere, ma tali da non interferire con le operazioni di carotaggio.

Di seguito è definito il numero di prove adeguato per la definizione dei dati utili alla progettazione: Le prove SPT verranno effettuate lungo le verticali d'indagine nella misura di n. 1 prova ogni 1.5 m fino a 10 m dal p.c., quindi ogni 3 m fino alla profondità di 30 m dal p.c., oltre tali profondità le prove risultano inattendibili.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Le prove pressiometriche/dilatometriche e le prove di permeabilità, in genere, sono state ubicate in corrispondenza del cavo della galleria, a partire da circa 10 metri sopra la calotta, fino a circa 5 metri sotto l'arco rovescio;

Le prove previste, in genere n. 2 permeabilità e n. 2 pressiometriche/dilatometriche, sono sufficienti ed in numero adeguato al fine di evitare sovrapposizioni e disturbo reciproco, delle singole tasche di prova, nonché arrecare disturbo alle operazioni di carotaggio, a scapito della ricostruzione geologico-stratigrafica lungo la verticale di sondaggio;

Come previsto dalla specifica tecnica GCG.F.02.03 (cap. 3.2.1) viene definito che nei sondaggi S421 ed S445, nella conduzione delle prove SPT a profondità inferiore a quella della falda freatica verrà misurato ed annotato anche l'affondamento dell'utensile per ogni due colpi del maglio, nel secondo e terzo tratto di prova.

L'ubicazione di dettaglio delle singole indagini è riportata nelle planimetrie in allegato:

- "Planimetria riubicazione indagini geognostiche" in scala 1:2000, lato Sicilia, 12 elaborati.

In particolare per quanto riguarda le indagini sismiche volte alla definizione delle caratteristiche sismiche del suolo (definizione della  $V_s$  30) saranno condotte prove sismiche in foro; oltre alle prove down-hole, già previste dalle specifiche di gara, in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del sondaggio si ricorrerà all'impiego anche delle prove cross-hole eseguite però con due soli fori come da prassi usuale (diversamente dai tre fori previsti dalle specifiche per alcune zone puntuali in corrispondenza delle opere in sotterraneo).

In particolare le prove cross-hole saranno impiegate in corrispondenza di sondaggi che evidenziano stratigrafie complesse e/o molto eterogenee, con presenza di litologie con caratteristiche meccaniche significativamente diverse.

Le indagini saranno volte alla definizione delle caratteristiche sismiche dei litotipi principali e quindi non in corrispondenza di ciascuna opera d'arte.

Sono inoltre previste n. 20 prove di carico su piastra da eseguirsi in corrispondenza delle tratte in rilevato lungo i tracciati stradale e ferroviario, secondo le modalità definite nella specifica tecnica di riferimento GCG.F.02.03 par. 6.6.4.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 2.2 Descrizione delle varianti

In questa prima fase di avvio della Progettazione Definitiva si è reso necessario procedere ad una migliore definizione delle caratteristiche plano – altimetriche dei tracciati relativi alle opere di collegamento stradale e ferroviario per il versante in esame.

Le modifiche dei tracciati ferroviari e stradali possono essere così sintetizzati:

- nella zona della galleria Faro Superiore il raggio planimetrico di curvatura è stato variato dai previsti 1100m del progetto di gara a 1800m; tale modifica ha comportato uno spostamento del tracciato di circa 150m verso le zone a più bassa copertura, e conseguentemente, ha comportato un abbassamento della livelletta di circa 10m rispetto al progetto di gara;
- spostamento del tracciato della galleria “Le Fosse”; tali spostamenti sono derivati dalle seguenti problematiche:
  - problemi di interferenza del Viadotto Annunziata con l’area universitaria;
  - presenza di un manufatto in costruzione, da parte del Comune di Messina, in corrispondenza dell’imbocco est della galleria “Le Fosse” e conseguente spostamento dell’imbocco ovest delle due gallerie “Balena I” e “Balena II”;
  - variazione planimetrica del tracciato ferroviario con un conseguente allungamento dello stesso, per poter raccordare la ferrovia alla stazione ferroviaria di nuova realizzazione ed inserimento di tre fermate metropolitane.

Le planimetrie in allegato con l’ubicazione delle indagini da realizzare riportano i tracciati in variante.

I tracciati presentano, ad oggi, tratte ancora in fase di definizione; qualora fosse necessario si provvederà a modificare e/o integrare l’ubicazione di alcune indagini non appena queste parti di tracciato saranno consolidate, informandone tempestivamente la Committente.

## 2.3 Realizzazione delle indagini

Di seguito si riportano alcune indicazioni per la tempistica di esecuzione delle indagini:

- FASE 1 – In questa fase si eseguiranno le indagini in corrispondenza delle opere all’aperto ed in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie allo scopo di definire con sufficiente dettaglio, dal punto di vista stratigrafico e geotecnico, le coltri di alterazione e l’eventuale presenza di fenomeni gravitativi quiescenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- FASE 2 - Saranno quindi realizzate le indagini in corrispondenza dei manufatti (cameroni) di innesto delle gallerie; l'ubicazione e la realizzazione di queste indagini risulta importante allo scopo di indagare con il maggior dettaglio possibile, proprio quelle aree che saranno interessate da manufatti in sottterraneo realizzati in allargo rispetto alla sezione di scavo corrente, con diametro di scavo che può essere stimato indicativamente dell'ordine di 10 – 15 metri, e quindi particolarmente delicate dal punto di vista costruttivo.

- FASE 3 - Saranno realizzate infine le indagini in corrispondenza di passaggi litologici importanti, in corrispondenza di faglie e/o contatti tettonici; la realizzazione di queste indagini sarà molto importante al fine di definire in modo puntuale le caratteristiche dei differenti litotipi, i passaggi litologici e le zone di faglia, in quest'ultimo caso le indagini saranno molto utili per la definizione dell'inclinazione delle differenti strutture nei confronti dello scavo in sottterraneo.

## 2.4 Considerazioni conclusive

La revisione del piano di indagini ha tenuto conto in particolare dei seguenti aspetti:

- revisione dei tracciati stradali e ferroviari,
- esame delle condizioni geomorfologiche dei versanti coinvolti dalle opere a progetto, decidendo di eseguire alcuni sondaggi allo scopo di verificare le effettive condizioni di franosità segnalate dalle carte di Progetto Preliminare e per l'installazione di strumentazione idonea a monitorare le condizioni dei versanti, adeguamento a quanto richiesto dalla nuova normativa nazionale.

Nel complesso le indagini consistono in n. 71(+ 2 a distruzione per l'esecuzione della terna S443) sondaggi più n. 14 sondaggi nell'ambito del Viadotto Pantano (le cui specifiche sono riportate nelle seguenti tabelle 1 e 2), n. 4 inclinometri da installare nell'area in frana in corrispondenza dell'imbocco ovest della Galleria Annunziata, n. 7 inclinometri da installare in corrispondenza di versanti potenzialmente instabili.

I sondaggi saranno eseguiti conformemente a quanto prescritto dal documento GCG.F.02.03 "Specifiche tecniche generali di progettazione: indagini geognostiche". L'ubicazione indicata nella tabella A potrà subire modifiche e/o variazioni in funzione dell'accessibilità al sito, in funzione delle prime risultanze dei sondaggi ed in funzione di eventuali ulteriori variazioni plano – altimetriche di tracciato; tali variazioni saranno tempestivamente comunicate alla Committente. L'analisi delle stratigrafie potrà richiedere alcuni spostamenti e/o modifiche al programma di indagine, al fine di ottimizzare i dati necessari alla caratterizzazione geologico, stratigrafica e geotecnica dei terreni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

coinvolti. Le indagini di tipo geofisico, previste in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, delle zone a bassa copertura e/o di aree interessate da zone di incrocio tra differenti gallerie, saranno realizzate mediante la tecnica della sismica a rifrazione con misura delle onde di compressione  $V_P$  e delle onde di taglio  $V_S$ . I risultati delle indagini saranno elaborati mediante le tecniche tomografiche. L'ubicazione delle indagini di tipo geofisico è indicata nelle planimetrie allegate, la posizione dei singoli stendimenti verrà definita in corso di esecuzione, in funzione dell'accessibilità dei siti. Per ottemperare alla nuova normativa vigente, in alcune verticali è prevista la realizzazioni di prove down-hole e/o cross-hole. In particolare nel caso in cui l'esame del sondaggio eseguito abbia evidenziato una stratigrafia piuttosto omogenea, saranno eseguite prove down-hole, mentre nel caso in cui l'esame del sondaggio eseguito abbia rilevato una stratigrafia molto stratificata e differenziata con alternanze di terreni a differenti granulometrie, si realizzerà un foro a distruzione in prossimità del foro di sondaggio per poter realizzare delle prove cross-hole a due fori. La Tabella B in allegato riporta un programma di massima delle prove di laboratorio da eseguire sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi, conformemente a quanto richiesto dalle "Specifiche tecniche generali di progettazione: indagini geognostiche". Tale programma potrà comunque subire variazioni in funzione dei campioni effettivamente prelevati in corso di realizzazione dei sondaggi e verrà pertanto ridefinito in corso d'opera in funzione delle effettive caratteristiche dei terreni investigati. Resta inteso che, in particolare per il prelievo dei campioni indisturbati e le prove di laboratorio, le quantità definite possono subire variazioni in corso d'opera in considerazione dei terreni attraversati.

**Tabella 1. Indagini Viadotto Pantano – Progetto Definitivo**

N.	Tipo	profondità (m)
VP SPT 501	SPT	50
VP CH1 502	CH1	100
VP CH2 503	CH2	100
VP SPT 504	SPT	50
VP CH1 505	CH1	100
VP CH2 506	CH2	100
VP SPT 507	SPT	50
VP SPT 508	SPT	50
VP SPT 509	SPT	50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE		<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VP SPT 510	SPT	50
VP SPT 511	SPT	50
VP SPT 512	SPT	50
VP SPT 513	SPT	50
VP SPT 514	SPT	50

**Tabella 2 - Legenda Indagini in sito**

Tipo	Descrizione	Rif. GCG.F.02.03	Diametro (mm)
SPT (1)	Standard Penetration Test – determinazioni di $N_{SPT}$ con passo 1.5 m per profondità di perforazione $\leq 40$ m e passo 3.0 m per profondità comprese tra 40 e 50 m – 1 misura di rendimento energetico ogni 6 determinazioni di $N_{SPT}$	6.4.1	101 ( $\leq 150$ )
CH1	Foro per prove Cross Hole– determinazioni di $N_{SPT}$ con passo 1.5 m per i primi 40 m – 1 misura di rendimento energetico ogni 6 determinazioni di $N_{SPT}$ – di seguito carotaggio continuo a rotazione fino a fondo foro N.B.: stesso diametro per i 2 fori della CH	9.1.6 6.4.1	$\geq 101$ $\leq 150$
CH2	Foro per prove Cross Hole – a distruzione di nucleo fino a fondo foro N.B.: stesso diametro per i 2 fori della CH	9.1.6 6.4.3	$\geq 101$ $\leq 150$

(1) È necessario eseguire le misure del rendimento energetico per ciascuna delle apparecchiature utilizzate nelle prove penetrometriche e per ogni opera di fondazione. Quindi, se la strumentazione delle prove penetrometriche impiegata per le indagini geotecniche di un'opera di fondazione è la stessa, la misura di rendimento energetico può essere eseguita solo per una verticale di prova SPT. Se invece nell'ambito dello stesso sito di indagine si utilizzano apparecchiature diverse (anche se di eguali caratteristiche nominali) le misure di rendimento energetico devono essere eseguite per ciascuna di esse.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII5000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 2.5 Consuntivo delle Indagini

Nel presente paragrafo, viene evidenziato il quadro a consuntivo delle indagini geognostiche programmate ed effettivamente realizzate, in funzione delle problematiche connesse agli accessi, soprattutto per le indagini del Viadotto Pantano che, in corrispondenza di alcune pile, sono state oggetto di piccoli spostamenti rispetto alla reale posizione dell'impronta della fondazione e che comunque non ha inficiato l'interpretazione della caratterizzazione geotecnica dei terreni poiché la densità delle indagini eseguite è risultata ben distribuita ed opportunamente interpretata da parte degli stessi (vedi elaborati di riferimento: CG0700PRBDSVPCIVI00000001 della CdP n. 43, CG0800PFZDSBC8G000000011 e CG0800PFZDSBC8G000000012 della CdP n. 36).

Come per il versante Calabria, anche in Sicilia, è stato redatto uno specifico elaborato, allegato al verbale di riunione del 24/02/2011 tra Stretto di Messina, Parsons, Rocksoil e Contraente Generale, nel quale sono riportati i sondaggi previsti nella fase del P.E., che viene allegato alla presente in appendice A.

Nella seguenti tabelle viene rappresentato lo stato a consuntivo delle indagini, in particolare nella tabella 2.1 lo stato dei sondaggi geognostici e delle prove geotecniche in foro, nella tabella 2.2 lo stato delle prove di laboratorio.

**PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - TABELLA 2.1**

Foro n°	Sondaggio	Profondità m dal p.c.	Installazione in foro	Tubo Casagr. ml	Tubo aperto ml	Tubo sismica ml	Tubo inclin. ml	Penetrom. dinamiche		Campioni Rim. e Ind.		Pressiometriche e dilatometriche			Permeabilità		Down Hole *n misure	Cross Hole *n misure
								SPT	RE	CR	CI	Dilaroc	Marchetti	Menard	Lugeon	Lefranc		
1	S407	30,0	Tubo aperto		30			14		14		2			2			
2	S408	40,0	Down-hole			40		13		14		2			3	40		
3	S408bis	40,0	Inclinometro				40											
4	S409	30,0	Casagrande	30				19		19				4	2			
5	S409bis	40,0	Inclinometro				40	14		17				2	2			
6	S410	75,0	Inclinometro				75	22		30				4	2			
7	S411	35,0	Casagrande	35				14		14	1			2	2			
8	S412	65,0	Tubo aperto		65			14		20				2	2			
9	S412bis	60,0	Inclinometro				60	14		19								
10	S413	40,0	Down-hole			40		18		19				3	2	40		
11	S414	85,0	Down-hole			85		14		25		2			3	85		
12	S414bis	30,0	Casagrande	30				19		19				3	2			
13	S415	35,0	Tubo aperto		35			14		15		2			2			
14	S416	40,0	Tubo aperto		40			14		16		2			2			
15	S417	30,0	Casagrande	30				19		19				3	2			
16	S418	40,0	Down-hole			40		14		19				2	2	40		
17	S419	60,0	Casagrande	58				14		20		2			2			
18	S420	65,0	Casagrande	65				12		17				2	2			
19	S421	80,0	Tubo aperto		80			13		20		2			3			
20	S422	70,0	Inclinometro				70	14		20				2	2			
21	S423	30,0	Casagrande	30				14		14				2	2			
22	S424	30,0	Down-hole			30		14		14				2	2	30		
23	S425	50,0	Casagrande	50				14		20				2	2			
24	S426	30,0	Down-hole			30		14		14				2	2	29		
25	S427	45,0	Casagrande	45				14		16				2	2			
26	S428bis	110,0	Casagrande	102						10		2			2			
27	S429	65,0	Inclinometro				65			8		2			3			
28	S429bis	90,0	Inclinometro				90	13		24		2			3			
29	S430	40,0	Tubo aperto		40			13		15		2			2			
30	S431	30,0	Casagrande	24				9		5					2			
31	S432	30,0	Casagrande	20				11		12	2			2	2			
32	S433	90,0	Tubo aperto		90			10		18		2			3			
33	S434	40,0	Casagrande	22				12		16	1			1	2			
34	S435	50,0	Inclinometro				50											
35	S436	30,0	Casagrande	21				10		7				2	2			
36	S437	30,0	Casagrande	24				13		16					2			
37	S441	45,0	Tubo aperto		42			21		22					1			
38	S443	80,0	Cross-hole			80		13		19		3			3			
39	S443ch2	80,0	Cross-hole			80												
40	S443ch3	80,0	Cross-hole			80												
41	S445	50,0	Casagrande	50				14		19				2	2			
42	S445bis	50,0	Tubo aperto		50			13		17				2	2			
43	S446	55,0	Tubo aperto		55			14		19		2			2			
44	S447	25,0	Down-hole			25		9		9				1	2	25		



45	S448	30,0	Casagrande	30				15	17			3		2	
46	S449	30,0	Casagrande	30				19	19			3		2	
47	S449bis	120,0	-					14	32	3				3	
48	S450	125,0	Tubo aperto		125			14	32	3			1	2	
49	S451	97,5	Casagrande	97				12	23	3					
50	S451bis	84,0	-					10	20	2	1			2	
51	S452	60,0	-					11	16		1			3	
52	S452bis	55,0	Casagrande	22				12	16			2		2	
53	S453	45,0	Casagrande	17,7				11	15			2		1	
54	S453bis	60,0	-												
55	S454	45,0	Down-hole			45		4	6	2		1		1	25
56	S454bis	45,0	Casagrande	34				10	11	2				2	
57	S455	60,0	Tubo aperto		49			12	16	1		2		3	
58	S456	55,0	Casagrande	49				6	12		2			2	
59	S457	45,0	Casagrande	42				10	16		2			2	
60	S458	40,0	-					13	15		2			2	
61	S459	40,0	Casagrande	40				12	13	1	2			2	
62	S459bis	60,0	Casagrande	59				10	17		2			3	
63	S460	45,0	Tubo aperto		45			13	16		2			2	
64	S461	40,0	Casagrande	35				11	14		2			2	
65	S462	55,0	Casagrande	51				13	18		2			3	
66	S463	60,0	Tubo aperto		60			13	20		2			3	
67	S464	45,0	Down-hole			45		8	12		2			1	45
68	S464bis	70,0	Casagrande	65				11	14		2			3	
69	S465	20,0	Casagrande	19,5				10	10	2	1			2	
70	S466	45,0	Tubo aperto		45			13	16		2			2	
71	I1	45,0	Inclinometro				45								
72	I2	60,0	Inclinometro				58,5	9	8	2				3	
73	I3	60,0	Inclinometro				60	13	10	1				2	
74	VP SPT 501	50,0	-					30	5	30					
75	VP CH1 502	100,0	Cross-Hole		100			27	5	38					100
76	VP CH2 503	100,0	Cross-Hole		100										
77	VP SPT 504	50,0	-					29	5	29					
78	VP CH1 505	100,0	Cross-Hole		100			30	4	40					100
79	VP CH2 506	100,0	Cross-Hole		100										
80	VP SPT 507	50,0	-					30	5	33					
81	VP SPT 508	50,0	-					29							
82	VP SPT 509	50,0	-					30		30					
83	VP SPT 510	50,0	-					30		33					
84	VP SPT 511	50,0	Tubo aperto		45			30	5	30					
85	VP SPT 512	50,0	-					29		29					
86	VP SPT 513	50,0	-					29		33					
87	VP SPT 514	50,0	-					29	5	29					

\* per n misure si intende il numero di misure eseguite lungo la verticale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - TABELLA 2.2**

PROVE DI LABORATORIO		
Contenuto d'acqua naturale	n°	30
Peso di volume naturale	n°	15
Peso specifico dei grani	n°	619
Indice dei vuoti max/min	n°	
Limiti di consistenza di Atterberg	n°	548
Analisi granulometrica	n°	991
Analisi granulometrica per sedimentazione	n°	604
analisi mineralogico-petrografica in sezione sottile	n°	13
analisi diffrattometrica	n°	4
slake durability	n°	3
durezza e abrasività Cherchar	n°	1
Prove Edometrica IL con indicazione di Cv, k, Cc, Cr e mod. edometrico	n°	
Prove di rigonfiamento libero e calcolo pressione di rigonfiamento	n°	
Prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL)	n°	
Determinazione del mod. di taglio G <sub>0</sub> mediante l'utilizzo di trasduttori piezoel.	n°	
Prove di taglio diretto (consolidate-drenate)	n°	2
Prove di compressione triassiale (CD)	n°	15
Prova di colonna risonante	n°	7
Prove di costipamento Proctor AASHTO Standard	n°	
Prove di costipamento Proctor AASHTO Modificato	n°	
Prova C.B.R.	n°	
Analisi diffrattometriche	n°	
Analisi petrografiche in sezione sottile	n°	
Misure della velocità sonica	n°	1
Prova di taglio diretto	n°	14
Prove di compressione monoassiale	n°	
Point Load Strength Test	n°	
Prove di compressione monoassiale con misura deformaz. assiali e diametrali	n°	8
Prove di compressione triassiale con misura deformaz. assiali e diametrali	n°	2
Prove di trazione indiretta (Brasiliana)	n°	
Determinazione del tenore in carbonati	n°	
Determinazione del contenuto di solfati	n°	
Determinazione del tenore in silice	n°	
Determinazione del tenore in solfati	n°	
Determinazione del tenore in cloruri	n°	

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE	<i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## APPENDICE A

### (Planimetrie indagini geognostiche P.E.)

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE</p>	<p><i>Codice documento</i> CG0800QPRDSRII50000000001FO</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

## ALLEGATI