

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

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

IL PROGETTISTA
ATI PRO-GLOBAL
Ing. B. Polifroni n° A1845
Arch. S. Fedele n° 274



Ing. E. Pagani
Ordine Ing. Milano n°15408

IL CONTRAENTE GENERALE
PROJECT MANAGER
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
Dott. P. Ciucci

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

CZV0695_F0

Unità Funzionale COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA
Tipo di sistema CANTIERI
Raggruppamento di opere/attività SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI
Opera - tratto d'opera - parte d'opera SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
Titolo del documento CRA 5 - FORESTA - RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE

C G 1 4 0 0 P R X V C C Z C 4 S D 2 2 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	EMISSIONE FINALE	SURACE	G. POLIFRONI	B. POLIFRONI

NOME DEL FILE: CG1400PRXVCCZC4SD22000001

revisione interna:01

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

INDICE

INDICE	3
1. PREMESSA	5
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA.....	5
3. GEOMORFOLOGIA.....	7
4. COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.....	7
5. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO.....	9
6. CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE.....	11
7. CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.....	13
8. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	15
9. ASSETTO GEOSTRUTTURALE.....	17
10. PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	19
11. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	21
11.1 Assetto litotecnico	21
11.2 Situazione idrogeologica	22
11.3 Caratterizzazione getecnica dei terreni.....	23
11.4 Valutazione dei parametri geotecnici.....	24
12. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	25
13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	27

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

1. PREMESSA

Il presente studio geologico viene redatto a supporto del progetto di un deposito a carattere temporaneo e definitivo di terre e rocce da scavo provenienti dalla realizzazione del progetto del Ponte sullo Stretto di Messina, ubicato nel territorio comunale di Varapodio (RC).

Lo studio geologico è stato impostato nel rispetto della normativa vigente, e le indagini svolte hanno consentito di definire:

- l'assetto geomorfologico, i processi morfogenetici ed i dissesti in atto o potenziali (e la loro tendenza evolutiva) del territorio interessato dall'intervento in progetto;
- i caratteri lito-stratigrafici generali e locali, con definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nelle aree interessate, della loro distribuzione spaziale, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- l'andamento litostratigrafico dei terreni interessati dalle opere in progetto;
- i lineamenti tettonici, geostrutturali e sismici generali, nonché la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità in genere;
- lo schema idrologico superficiale e idrogeologico sotterraneo;
- le condizioni di stabilità delle zone interessate;
- le caratteristiche geomeccaniche degli stessi terreni e i loro parametri geotecnici.

Lo studio si è svolto secondo il seguente iter:

- Rilevamento geologico di superficie, confrontato con le informazioni desunte dalla cartografia ufficiale e dalla bibliografia esistente.
- Piano di indagini in situ basato su: prospezione sismica con metodologia MASW.

2. UBICAZIONE GEOGRAFICA

Il sito in progetto dovrà essere realizzato in località Foresta nel territorio del comune di VARAPODIO (RC), precisamente in adiacenza al muro d'argine destro del torrente Calabrò.

Dal punto di vista geografico rientra nella Tavoletta *Taurianova* Foglio n. 590 – Sez. I della Carta d'Italia I.G.M. 1:25.000 è posta ad quota altimetrica di circa 62 m s.l.m.

CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento

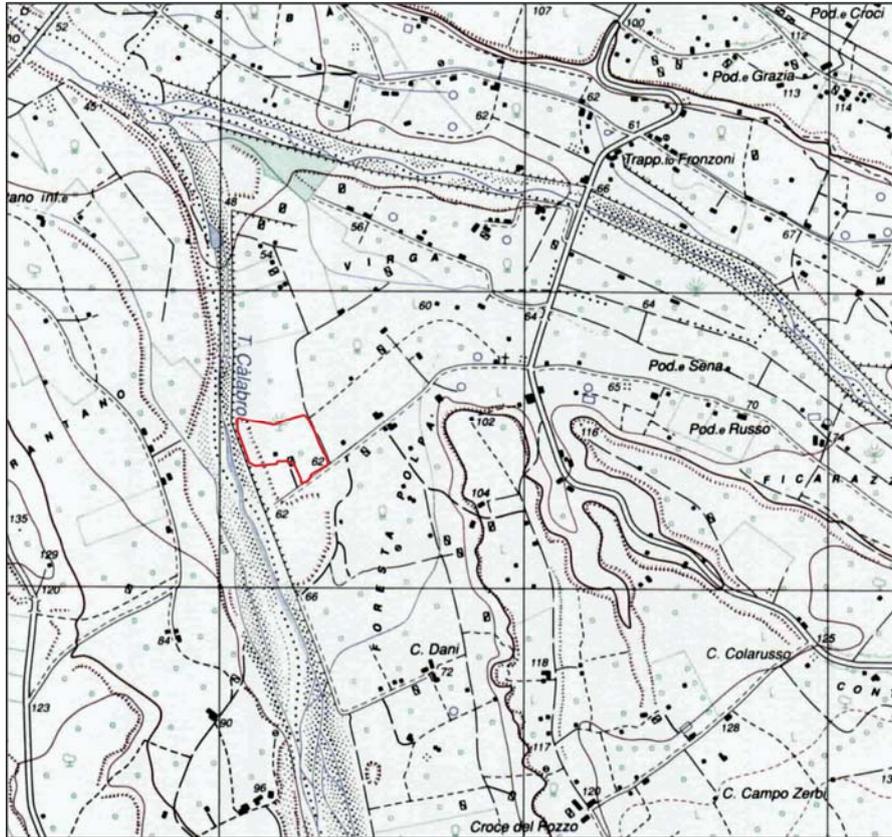
CG1400PRXVCCZC4SD22000001

Rev

F0

Data

08/06/2012



Per una più dettagliata ubicazione nell'ambito geografico di appartenenza si rimanda alla cartografia di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

3. GEOMORFOLOGIA

Il contesto morfologico entro cui ricade il sito è definito da un tratto della pianura alluvionale legata all'attività deposizionale del torrente Calabrò.

Il sito rientra in una vasta area soggetta ad un'intensa attività estrattiva tuttora in corso. In particolare lungo la direttrice W - E il sito si estende tra il muro d'argine destro del torrente Calabrò ed una stradina interpoderale; lungo la direttrice N - S il sito è delimitato a N da un vasto laghetto artificiale dove sono in corso operazione di prelievo di materiale inerte sotto falda, mentre verso S vi è un altro laghetto artificiale in corso di riempimento con materiale di risulta.

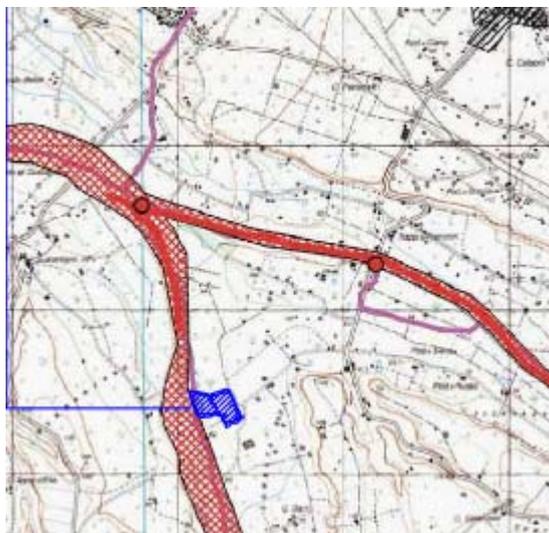
La modesta acclività del territorio e le buone proprietà fisico-meccaniche dei terreni che formano il substrato, conferiscono un assetto geostatico tendenzialmente stabile. L'unico elemento capace di innescare dei processi morfogenetici ad evoluzione rapida è rappresentato dal torrente Calabrò, il cui talweg è incassato di circa 4 m rispetto all'area di deposito ed inoltre l'argine è protetto da un muro realizzato negli anni 50 del secolo scorso.

In quest'arco di tempo l'opera di difesa ha sempre garantito un efficace protezione della pianura alluvionale circostante. Attualmente si registra una tendenza all'approfondimento del profilo longitudinale del torrente, che dipende in modo principale dai prelievi irrazionali di materiale inerte dall'alveo. Tale fenomeno ha portato al crollo dei muri d'argini in più punti, a monte ed a valle rispetto all'area considerata, dove invece l'opera di difesa non presenta segni di dissesto evidenti. Per il resto l'area in esame può essere ritenuta stabile e non sono da segnalare altri potenziali fenomeni di dissesto che in qualche modo possono limitare la fattibilità dell'intervento dal punto di vista geomorfologico.

4. COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.

Dalla lettura degli elaborati grafici pubblicati dall'Autorità di Bacino Regionale (ved. relative cartografie allegate), per quanto concerne il *Piano per l'Assetto Idrogeologico P.A.I.*, si evince che il sito considerato si trova al di fuori della fascia di rischio idraulico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

5. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

Secondo le indicazioni riportate sulla Carta Geologica della Calabria 1:25.000 - (Tavoletta *Palmi*) e dal rilievo geologico eseguito, il substrato dell'area interessata dal progetto é composto da rocce sedimentarie di ambiente alluvionale. Nell'area esaminata affiora la seguente formazione:

- *Depositi alluvionali stabilizzati*¹ - **af** (Olocene)

La formazione rappresenta i depositi alluvionali che affiorano diffusamente nelle fasce di territorio esterne all'alveo attivo del torrente, che si sono formate in seguito ai ripetuti fenomeni di sedimentazione prima che i corsi d'acqua fossero regimati.

Questi depositi appaiono, comunque, ormai da tempo ampiamente stabilizzati, anche perché il torrente Calabrò ha una netta tendenza all'approfondimento dell'alveo ed inoltre in molti punti sono stati realizzati degli interventi di sistemazione idraulica con opere di fondo e spondali, che non consentono più alle acque fluviali di alluvionare la pianura circostante. Al massimo si assiste ad un erosione degli argini nei tratti in cui le opere di sistemazione idraulica sono state danneggiate.

Non avendo più alcun contatto diretto con le acque di scorrimento fluviale, questi depositi sono ricoperti da una coltre di suolo vegetale di natura argillosa, che nella zona raggiunge uno spessore variabile da 1,0 fino a 1,5 m, e viene da tempo sfruttato a fini agricoli.



¹ Il termine depositi alluvionali stabilizzati è quello presente nella Carta Geologica della Calabria e si riferisce a depositi terrazzati, fissati dalla vegetazione o artificialmente dall'uomo, che non sono interessati dalla circolazione idrica che avviene nell'alveo attivo del torrente di riferimento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

La composizione dei sedimenti è costituita in prevalenza da elementi clastici di dimensioni variabili tra i blocchi e i ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbioso – ghiaiosa, con frequenti intercalazioni di ghiaie sabbiose e sabbie limose.

Le ghiaie sono eterometriche con diametro medio variabile fino 5 cm ed hanno una composizione proveniente dallo smantellamento di rocce metamorfiche e subordinatamente granitiche. La forma dei ciottoli è sub arrotondata e con spigoli poco smussati, a testimonianza di un trasporto relativamente breve, caratteristica tipica dei corsi d'acqua calabresi in cui il bacino di alimentazione è molto prossimo alla foce.



Le intercalazioni sabbiose sono costituite da sabbia debolmente limosa composta prevalentemente da quarzo, feldspati ed aggregati polimineralici di roccia cristallina; all'interno si rinvengono piccoli ciottoli sparsi o allineati nel senso della corrente e subordinate intercalazioni di limo sabbioso.

Questi depositi formano nel loro complesso strati a geometria nastriforme allungati nella direzione della corrente mentre trasversalmente formano dei corpi marcatamente lenticolari. La stratificazione è prevalentemente massiva in strati solitamente amalgamati.

Trattandosi di materiali di deposizione recente, la pressione litostatica non è stata mai molto elevata, per cui i processi diagenetici sono appena accennati e risultano facilmente disgregabili dalle acque piovane e di ruscellamento. Tuttavia in affioramento lo stato di addensamento naturale è ben sviluppato e consente la presenza di scarpate sub verticali, con pendenze superiori all'angolo di attrito interno che li caratterizza: ciò è da imputare alla matrice limoso - argillosa presente nei sedimenti che sviluppa una forza di coesione apparente che ne garantisce la stabilità a breve termine.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

La permeabilità della formazione, di tipo primario per porosità, si mantiene su valori elevati, anche se può subire una leggera diminuzione in corrispondenza di lenti limo-argillose. L'assorbimento e la percolazione delle acque meteoriche nel sottosuolo è buona, anche se in parte viene ostacolato dalla presenza della coltre di terreno vegetale.

Il complesso costituisce uno spesso materasso alluvionale la cui potenza massima raggiunge e supera anche i 30 metri, che poggia in chiara discordanza stratigrafica su un substrato composto da argille siltose plioceniche che affiorano nella parte medio bassa delle scarpate che delimitano il fondovalle.

- *Depositi alluvionali mobili - a (Recente)*

Questa formazione affiora soltanto all'interno dell'alveo attivo del corso d'acqua di riferimento e non ha alcun collegamento con il sito di deposito. Presenta sostanzialmente le stesse caratteristiche dell'unità litotecnica precedente, dalla quale differisce solo per minore grado di addensamento dei sedimenti.

6. CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE

La morfologia subpianeggiante e la buona permeabilità della formazione alluvionale non consentono alle acque piovane di attivare fenomeni di ruscellamento concentrato capaci di innescare forme di erosione nel territorio circostante l'area esaminata.

Nella zona a seguito di eventi pluviometrici intensi e di lunga durata si verifica un modesto ruscellamento superficiale che tende naturalmente a defluire nell'alveo del torrente Calabrò attraverso fossetti appositamente scavati dai contadini oppure seguendo il percorso di stradine interdotali.

Per quanto riguarda il torrente, a partire dagli anni cinquanta, quando l'alveo è stato delimitato con muri d'argine ed il profilo longitudinale è stato fissato con soglie e briglie, si è verificato un graduale aggradamento che ha provocato la pensilità del letto fluviale. All'inizio dagli anni settanta, a causa di un'indiscriminata attività estrattiva in alveo, si è registrata una netta tendenza all'approfondimento del letto che nel tempo ha causato il crollo delle opere di regimazione idraulica che solo in parte sono state ricostruite. Il corso d'acqua è tuttora in fase di scavo e nei tratti in cui i muri sono stati distrutti le acque fluviali durante le piene erodono gli argini naturali. Tra il talweg e la pianura alluvionale circostante si misura un dislivello di circa 4 m, che rende poco probabile una tracimazione delle acque anche in concomitanza di eventi meteorologici eccezionali. Nel tratto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

considerato il muro non presenta evidenti segni di dissesto e, fino al momento del sopralluogo, svolge con efficacia la funzione di protezione dell'argine.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

7. CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Come già evidenziato l'assetto litostratigrafico locale risulta costituito da depositi alluvionali eterometrici, formati in prevalenza da elementi clastici di dimensioni variabili tra i ciottoli e le ghiaie immersi in una abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con frequenti intercalazioni di sabbia medio - grossolana debolmente limosa. Si tratta di terreni che, nonostante le notevoli variazioni nell'assortimento granulometrico dovute all'ambiente di sedimentazione, possono essere considerati nell'insieme a permeabilità uniforme, di tipo matriciale, e di grado di permeabilità medio - alto ($K \sim 1,0 \times 10^{-3}$).

Il materasso alluvionale poggia in discordanza stratigrafica su una formazione argillosa pliocenica, posizionata ad una profondità variabile fra 30 e 50 m dalla quota campagna, che forma il substrato impermeabile dell'area esaminata.

Lo schema della circolazione idrica sotterranea risulta legato alla presenza, a grande scala, di una falda freatica ad elevata trasmissività, in cui si registra un evidente interscambio con il corso d'acqua di riferimento. In particolare nel periodo piovoso la falda riceve alimentazione dal corso d'acqua mentre nel periodo siccitoso avviene il contrario in quanto il corso d'acqua tende a drenare la falda.

Nell'area in esame lo scavo per l'estrazione di ghiaia e sabbia ha raggiunto la profondità di circa 8 m rispetto al piano campagna ed ha intercettato la falda acquifera formando due laghetti artificiali. All'atto del sopralluogo (28/02/2012), nel laghetto il livello piezometrico era posizionato a - 4,5 m dal piano campagna e si ritiene che sia il livello massimo innalzamento stagionale, Da studi eseguiti nella zona² la falda è soggetta ad un'oscillazione annuale di circa 1 m.

² Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria - (adottato con Deliberazione di Giunta regionale n. 394 del 30.06.2009).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

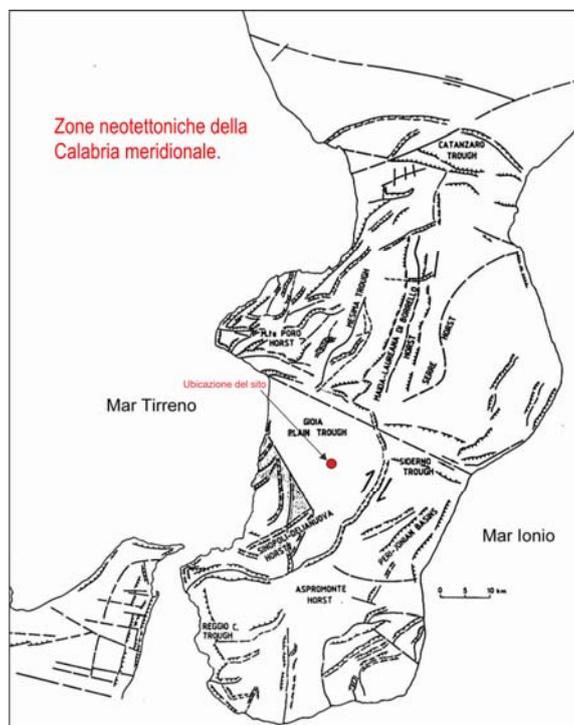
8. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICITA' DEL TERRITORIO

▪ INQUADRAMENTO TETTONICO – STRUTTURALE GENERALE

L'area calabrese viene considerata in letteratura (Ogniben,1973) come un asse di sollevamento isostatico e di corrugamento geosinclinalico.

L'assetto strutturale regionale è dovuto in parte al ciclo orogenetico ercinico e, soprattutto a quello alpino, con contatti tra i vari complessi strutturali solitamente di tipo tettonico. La fase orogenetica iniziata nel Pleistocene inferiore, denominata "fase neotettonica", ha determinato un forte e rapido sollevamento isostatico regionale. Per la Calabria meridionale le velocità di sollevamento variano da un minimo di 0,06 mm/anno ad 1,5 milioni di anni fa, fino a 1,5 mm/anno a 0,8 milioni di anni, con valori massimi registrati proprio nel massiccio dell'Aspromonte, (F. Ghisetti, 1980). Tale sollevamento è stato quantificato in 1.200 metri nell'arco degli ultimi 800 mila anni. Esso ha coinvolto terreni di varia età, fratturando e disarticolando gli affioramenti rocciosi e producendo le profonde incisioni ove scorrono gli attuali corsi d'acqua.

L'area esaminata si colloca nella parte sud - orientale della fossa tettonica della Piana di Gioia Tauro, lontana dalle principali linee tettoniche che la delimitano.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

▪ **SISMICITÀ LOCALE**

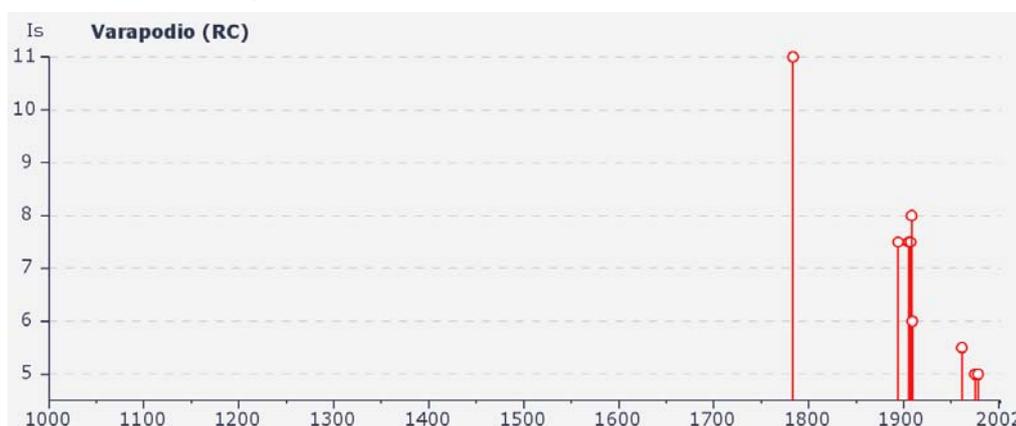
In virtù della complessa conformazione geo-tettonica regionale e dell'assetto tettonico - strutturale locale, l'area d'interesse si inserisce all'interno di un territorio caratterizzato da un'elevata sismicità e da un alto rischio sismico.

La sismicità storica del Comune di Varapodio è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV.

Ciò che emerge dalla lettura della tabella è che il territorio comunale di Varapodio non è stato sede di epicentri dei più forti terremoti storici, ma sicuramente ne ha subito gli effetti.

Per quanto riguarda invece l'attività sismica più recente, da dati desunti dalla letteratura specializzata consultata, risulta che negli ultimi decenni non sono stati registrati eventi sismici di rilievo riguardanti il comprensorio di Varapodio

Diagramma rappresentante la storia sismica dell'abitato di **Varapodio**



Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nell'abitato di Varapodio (RC)
(Mw Magnitudo momento; Io Intensità epicentrale; Is intensità al sito)

Effects	Earthquake occurred:					
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
11	1783 02 05 12	Calabria	CFTI	357	11	6.91
7-8	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	CFTI	299	8-9	6.05
7-8	1905 09 08 01 43 11	Calabria	CFTI	827	11	7.06
7-8	1907 10 23 20 28 19	Calabria meridionale	CFTI	270	8-9	5.93
8	1908 12 28 04 20 27	Calabria meridionale	CFTI	786	11	7.24
6	1909 07 01 06 24	CALABRO MESSINESE	DOM	35	8	5.55
5-6	1961 03 24 10 36	ASPROMONTE	DOM	59	5-6	4.63
5	1975 01 16 00 09 45	Stretto di Messina	CFTI	346	7-8	5.38
5	1978 03 11 19 20 44	Calabria meridionale	CFTI	126	8	5.36

Con il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, che introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Il D.M. 14/01/2008 introduce per ogni sito un nuovo metodo di calcolo dell'azione sismica che considera una maglia elementare di riferimento. La maglia tipica è grosso modo quadrata con lato di 5,5 Km circa, quindi, in base alle coordinate geografiche del sito (latitudine e longitudine) si è in grado di determinare quale terremoto ha una certa probabilità di verificarsi. Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo (a_g), i fattori amplificativi degli spettri (F_0) ed i periodi T_c^* relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche.

Per la conoscenza dei parametri spettrali, che sono calcolati in automatico attraverso un programma che fa riferimento alle coordinate geografiche del sito interessato, si rimanda agli elaborati riguardanti i calcoli strutturali di eventuali opere in progetto.

▪ LIQUEFAZIONE DEI SOTTOFONDI

Il modello geologico – tecnico del sito è formato da depositi olocenici di ambiente alluvionale con la falda acquifera posta a una profondità di circa 4,5 m dal piano campagna. Tuttavia i sedimenti che formano i depositi in questione non risultano classati, anzi la variazione granulometrica è piuttosto ampia, mentre la granulometria dei sedimenti risulta al di fuori del range di valori critici che conducono al fenomeno della liquefazione; inoltre, i sedimenti possiedono un grado di addensamento lontano da quelli a “densità critica” (*quick sands, argille soffici, sabbie molto soffici, ecc.*). Per tali motivazioni si ritiene che i depositi interessati siano poco suscettibili al fenomeno della liquefazione e pertanto non si è proceduto a una più approfondita analisi e alla relativa verifica.

9. ASSETTO GEOSTRUTTURALE

Considerando la natura alluvionale del substrato che caratterizza il sito esaminato facendo riferimento ai riscontri diretti, si può ritenere che la giacitura dei singoli livelli sia orizzontale o sub-orizzontale, con locali tracce di laminazione incrociata (*cross-bedding*) che testimoniano le variazioni di direzione delle correnti deposizionali dalle quali sono stati originati.

L'assetto morfologico dell'area d'intervento e quello delle zone circostanti, risulta praticamente pianeggiante, per cui è privo di alcuna libertà morfologica. Dalla combinazione degli elementi giaciturali con l'andamento morfologico si determina un assetto strutturale del tutto tabulare. Inoltre, considerando lo stato fisico dei materiali, incoerenti, non vi è discontinuità di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

comportamento, né in condizioni statiche, né in condizioni dinamiche, per cui ne deriva che comunque gli aspetti giacitureali sono privi di significato ai fini geostatici.

Pertanto, l'esame strutturale porta a escludere la possibilità che si formino superfici di scorrimento preferenziale in grado di attivare processi morfogenetici.

Le suddette considerazioni fanno ritenere che l'assetto strutturale della formazione ghiaiosa - sabbiosa, anche conseguentemente alla realizzazione dell'intervento in progetto, non rappresenti un fattore naturale predisponente l'innescio di movimenti franosi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

10. PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per il sito in esame non sono state eseguite indagini geognostiche finalizzate alla valutazione dell'assetto litostratigrafico ed idrogeologico del volume di terreno significativo interessato dall'opera in progetto. Tale scelta, in questa fase della progettazione, viene motivata dalle seguenti considerazioni:

- il sito deriva da un'ex cava a fossa per l'estrazione di materiale inerte (ghiaia e sabbia) di cui si conosce con certezza la natura almeno fino alla profondità di circa 8 m;
- l'assetto litostratigrafico, nei suoi lineamenti generali, risulta facilmente ricostruibile dalla cartografia geologica ufficiale, dal rilievo geologico e da informazioni ottenute da altre indagini eseguite in aree similari;
- il contesto idrogeologico è noto in quanto la falda acquifera è stata messa a giorno dall'estrazione del materiale con la formazione di laghetti artificiali.

Anche per la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni che formano il volume significativo non sono state eseguite delle apposite indagini, per le seguenti motivazioni:

- l'intervento ha per la quasi totalità carattere temporaneo e non prevede la realizzazione di opere d'arte significative;
- il contesto geomorfologico non favorisce l'insorgere di fenomeni di dissesto gravitativo dell'area conseguenziale allo stoccaggio dei materiali;
- per le verifiche di progetto si è fatto riferimento a risultati di prove penetrometriche dinamiche pesanti (penetrometro TG63/200) che lo scrivente ha eseguito in altre aree di fondovalle alluvionale della Piana di Gioia Tauro ed a dati bibliografici.

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo dell'area esaminata, prevista dal D.M. 14/01/2008, è stata invece eseguita una prova sismica con la metodologia masw³.

Tenendo presente la complessità geologico - strutturale dell'area di studio, le informazioni reperite e le indagini eseguite (prova Masw), si ritiene che il modello geologico ricostruito abbia una sufficiente attendibilità per questa fase dell'intervento in progetto. Nel livello successivo della progettazione le indagini potranno eventualmente essere integrate e completate.

³ Per maggiori dettagli sulla prova eseguita si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

11. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

I dati acquisiti in questa fase di studio, integrati anche con le informazioni disponibili da altre indagini per come specificato al capitolo precedente, hanno consentito di definire, con una sufficiente approssimazione, il modello geotecnico di progetto.

11.1 Assetto litotecnico

Il sottosuolo del sito esaminato è stato suddiviso in *quattro unità litotecniche*:

- **UNITÀ LITOTECNICA 1 - *Materiale eterogeneo di riempimento***

Si tratta del materiale che è stato utilizzato per il riempimento delle aree di scavo create dall'attività estrattiva. La natura del materiale la si può ipotizzare sulla base delle informazioni ottenute dal proprietario delle cave e da quanto si può osservare nelle aree in cui tale operazione è tutt'ora in corso. Dalle informazioni ottenute emerge che si tratta in gran parte di materiale proveniente da sbancamenti di aree di costruzione, composto essenzialmente da argilla sabbiosa e sabbie. Localmente si riscontra la presenza di materiale proveniente anche dalla demolizione di vecchi fabbricati. Lo spessore è stato valutato tra 4,5 e 5,5 m circa.

- **UNITÀ LITOTECNICA 2 - *Argilla limosa***

Quest'unità litotecnica corrisponde grossomodo alla coltre di terreno vegetale e rappresenta i prodotti della degradazione chimica che ha interessato i sottostanti sedimenti alluvionali sabbioso - ghiaiosi.

Risulta formata da litotipi in cui la componente pelitica è nettamente prevalente, anche se localmente può presentare una debole eterogeneità litologica dovuta da un aumento dello scheletro sabbioso/limoso. Sostanzialmente, quindi, si tratta di argilla limosa di colore variabile da grigio a marrone scuro con sottili intercalazioni di sabbia fine ed una debole percentuale di materia organica. Lo spessore misurato nelle sezioni di affioramento varia tra 1,0 e 1,5 m.

- **UNITÀ LITOTECNICA 3 - *Ciottoli, ghiaia e sabbia (depositi alluvionali mobili)***

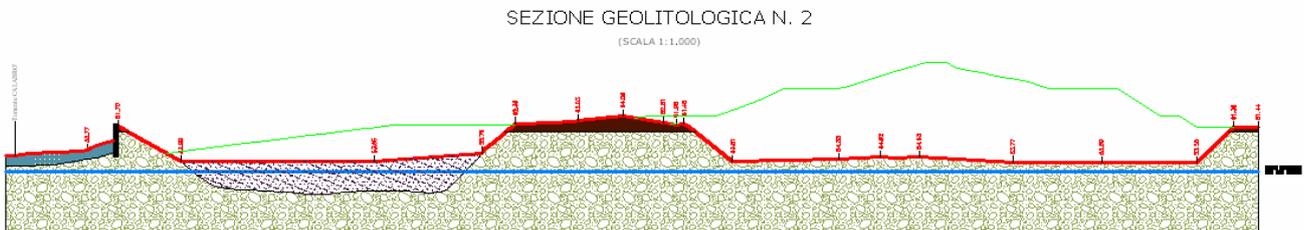
Quest'unità litotecnica non rientra nel volume significativo del substrato di appoggio del sito in quanto affiora soltanto all'interno dell'alveo attivo del corso d'acqua di riferimento. Presenta sostanzialmente le stesse caratteristiche dell'unità litotecnica successiva, dalla quale differisce solo per un minore grado di addensamento dei sedimenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

▪ **UNITÀ LITOTECNICA 4 - Ciottoli, ghiaia e sabbia (depositi alluvionali stabilizzati)**

I sedimenti di quest'unità litotecnica sono costituiti in prevalenza da elementi clastici di dimensioni comprese tra i ciottoli e le ghiaie, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa. I ciottoli sono generalmente di forma subarrotondata e di natura metamorfica e granitica; le sabbie sono in prevalenza quarzose ed hanno forma subangolare. Frequenti intercalazioni più o meno lenticolari di sabbia debolmente limosa, sono presenti nella massa sabbioso-ghiaiosa. Per cui sono molto probabili variazioni granulometriche laterali (eteropie) e verticali, tipiche delle zone di facies alluvionale.

Trattandosi di materiale di deposizione recente, la pressione litostatica non è stata mai molto elevata, per cui i processi diagenetici sono praticamente irrilevanti. I sedimenti sono quindi privi di coesione effettiva e risultano facilmente disgregabili per la mancanza di cementazione. Tuttavia la presenza di frazione fine (limoso - argillosa) e lo stato di addensamento naturale rendono possibile la stabilità apparente di pareti di scavo alte fino a circa 4 - 5 m e con un'inclinazione anche superiore a 45°. Lo spessore di questa unità litotecnica viene stimato fra 30 e 50 m.



Sezione geolitologica CRA4

11.2 Situazione idrogeologica

I terreni che formano l'assetto litostratigrafico descritto, nonostante le notevoli variazioni nell'assortimento granulometrico, possono essere considerati nell'insieme a permeabilità uniforme, di tipo matriciale, e di grado di permeabilità medio – alto ($K \sim 5,0 \times 10^{-3}$).

Lo schema della circolazione idrica sotterranea determina la presenza di una falda freatica che è alimentata in prevalenza dalla circolazione di subalveo e subordinatamente dall'aliquota di infiltrazione diretta dalla superficie.

La falda affiora nei laghetti artificiali dove il livello statico, misurato il 28/02/2012, era posizionato alla profondità di - 4,5 m dal piano campagna; tale quota si ritiene possa essere considerata vicina al massimo livello di innalzamento stagionale. Da studi eseguiti nella zona la falda è soggetta ad

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

un'oscillazione annuale valutabile in circa 1,0 m. Pertanto periodo di massima siccità il livello piezometrico dovrebbe attestarsi attorno a - 5,5 m.

11.3 Caratterizzazione getecnica dei terreni

La caratterizzazione dei litotipi individuati nell'area d'intervento, come già evidenziato, è stata definita facendo riferimento a dati di prove penetrometriche pesanti eseguite in aree di fondovalle alluvionale simili a quella interessata dall'intervento in progetto; la dove non vi è stata la disponibilità di tali dati, si è fatto riferimento alla letteratura scientifica.

Si rimanda alla fase esecutiva, ove ritenuto necessario, l'esecuzione di apposite indagini per confermare la validità dei dati riportati in questa fase della progettazione.

- **UNITÀ LITOTECNICA 1 - *Materiale eterogeneo di riempimento***

La valutazione del comportamento geotecnico di questa formazione risulta molto difficoltosa a causa dell'eterogeneità dei materiali che la costituiscono e dalla mancanza di dati sul loro grado di costipamento. In ogni caso si tratta di depositi che sono stati creati da almeno dieci anni e che sono stati costipati dal transito dei mezzi meccanici adibiti allo scarico e movimentazione dei materiali.

In via cautelativa quest'unità litotecnica, come comportamento geotecnico, è stata assimilata a quella seguente.

- **UNITÀ LITOTECNICA 2 - *Argilla limosa***

Dal punto di vista geotecnico deve essere considerata come argilla *normalconsolidata*, a consistenza plastica, caratterizzata da una variazione delle proprietà geotecniche strettamente dipendenti dal contenuto naturale in acqua. Questi sedimenti presentano pertanto una compressibilità media che determina cedimenti apprezzabili per carichi che incidono in modo rilevante sul terreno di fondazione.

I valori di permeabilità sono stimabili in $k = 1 \times 10^{-6}$, con un drenaggio medio – basso delle acque superficiali favorito dagli effetti della vegetazione.

Il valore medio di N_{spt} viene valutato in circa 3 colpi.

- **UNITÀ LITOTECNICHE 3 - 4 *Ciottoli, ghiaia e sabbia (in alveo e fuori alveo)***

Il comportamento meccanico di questi litotipi appare legato sia all'attrito interno tra i granuli, che si mobilita nel corso di scorrimenti e rotazioni relativi tra le varie particelle, sia al grado di muto incastro, che aumenta all'aumentare della densità relativa. Inoltre, trattandosi di materiali molto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

eterogenei dal punto di vista granulometrico, ciò si traduce anche in un aumento del numero di punti di contatto intergranulare. Anche l'angolosità che caratterizza la frazione grossolana dei sedimenti determina, per effetto del muto incastro, un aumento del valore dell'angolo di attrito interni. Trattandosi di terreni alluvionali, non interessati da processi di cementazione naturale, la coesione non da alcun apporto significativo alla resistenza del terreno e quindi il suo valore dovrà essere considerato nullo.

Il valore dell'angolo di attrito interno si riduce solo leggermente (1– 2 gradi), passando da uno stato secco a una condizione di saturazione.

Il grado di permeabilità può essere ritenuto medio - alto nell'ordine di 1×10^{-3} e favorisce il drenaggio delle acque piovane.

Il valore medio di N_{spt} viene valutato in circa 17 colpi.

11.4 Valutazione dei parametri geotecnici

Metodologia di elaborazione

Il valore dei parametri geotecnici riportati sono stati ricavati da prove penetrometriche dinamiche continue pesanti (penetrometro pagani mod. TG 63/200), eseguiti su terreni simili in aree di fondovalle alluvionale.

L'elaborazione è stata effettuata con il programma Dinamyc Probing (Geostru software house). Il programma, partendo dal numero di colpi registrato, calcola il valore dei parametri geotecnici mediante elaborazioni proposte dai seguenti autori:

▪ Correlazioni terreni coerenti

Angolo di attrito in condizioni drenate: Meyerhof (1956)

Coesione non drenata: U.S.D.M.S.M

Coesione drenata: U.S.D.M.S.M

Peso unità di volume: Meyerhof ed altri

Peso unità di volume saturo: Meyerhof ed altri

Modulo di Poisson: (A.G.I.)

Modulo di deformazione a taglio dinamico: Owaski Iwasaki

Modulo di Young: Apollonia

Modulo Edometrico: Stroud e Butler (1975)

▪ Correlazioni terreni incoerenti

Angolo di resistenza al taglio: Owaski Iwasaki

Peso unità di volume: Meyerhof ed altri

Peso unità di volume saturo: Terzaghi-Peck 1948-1964

Modulo di Poisson: (A.G.I.)

Modulo di deformazione a taglio dinamico: Owaski Iwasaki

Modulo di Young: Terzaghi

Modulo Edometrico: Menzenbach & Malcev

Valori dei parametri geotecnici

Per le prove penetrometriche dinamiche continue (N_{spt}), è stata utilizzata la seguente relazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

$N_{spt} = N_{scpt} \times 1.489$, (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quelli in esame).

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI:

Unità Litotecnica n. 1 - Materiale eterogeneo di riempimento

Unità Litotecnica n. 2 - Argilla limosa

Litologia	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	C (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
Argilla limosa Materiale di riempimento	3	Coesivo Incoerente	1,60	1,86	22,17	0,16	11,79	25,70	0,35	157,85

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI:

Unità Litotecnica n. 3 - Ciottoli, ghiaia e sabbia

Unità Litotecnica n. 2 - Ciottoli, ghiaia e sabbia

Litologia	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
Ciottoli, ghiaia e sabbia	17	Incoerente	1,93	1,96	33,52	--	62,69	137,20	0,32	939,99

12. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La classificazione riguarda i terreni compresi tra il piano di imposta opere in progetto ed un substrato rigido di riferimento (*bedrock*), ossia quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera. La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s , se disponibile, ovvero sul numero medio di colpi N_{SPT} ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni granulari) ovvero sulla coesione non drenata media C_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Per il progetto in esame la valutazione è stata ottenuta secondo l'approccio semplificato previsto dal § 3.2.2 delle NTC.

La velocità delle onde di taglio V_{s30} è stata definita mediante una prospezione sismica con metodologia Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW), che si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R).

Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati di 24 canali d'acquisizione (geofoni verticali Geospace con frequenza di oscillazione di 4.5 Hz), adottando una distanza intergeofonica di 2 metri ed un off set di 2 m.

Dai risultati ottenuti dalla prova Masw (valore medio delle $V_{s30} = 246 \text{ m/sec}$), il profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione (quota di riferimento p.c.) può essere assimilato alla:

Categoria 'C'

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”

Per ulteriori dati si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA 5 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indicazioni geologico – tecniche emerse dalle indagini eseguite hanno permesso di definire il seguente quadro conoscitivo:

- l'area si trova in un tratto di pianura alluvionale del torrente Calabrò, protetta dai fenomeni di piena dalla presenza di muri d'argine;
- il sito deriva da uno scavo sotto falda per l'estrazione di ghiaia e sabbia profondo circa 8 m, che a lavori ultimati è stato in parte colmato con materiale proveniente per la maggior parte da sbancamenti di aree di costruzione e da demolizione di vecchi fabbricati;
- la morfologia subpianeggiante e la permeabilità della formazione alluvionale favorisce l'infiltrazione dell'acqua piovana nel sottosuolo; solo a seguito di eventi pluviometrici intensi, si verifica un ruscellamento superficiale diretto verso il torrente Calabrò che avviene tramite strade interpoderali o una rete di fossetti appositamente scavati dai contadini;
- l'assetto idrogeologico locale determina la presenza di una falda freatica ad elevata trasmissività, con il livello piezometrico che nel corso dell'anno oscilla fra - 4.5 e - 5.5 m dal p.c.;
- le caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni non comportano particolari problemi di stabilità del piano di posa del materiale accumulato;
- i dati acquisiti con una prova sismica Masw, hanno consentito di classificare il suolo di fondazione nella classe "C" ($V_{s30} = 246$ m/sec)".

In base alle considerazioni emerse dall'indagine effettuata, si esprime parere favorevole per la fattibilità geologico - tecnica dell'intervento previsto in progetto. Nel livello successivo di progettazione si chiede la verifica delle conoscenze fin qui acquisite integrandole, all'occorrenza, con altre indagini geognostiche.

Varapodio., li Giugno 2012.

Il geologo

dott. Francesco Surace