



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA

PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE (ATI):

ITALCONSULT S.p.A. (MANDATARIA)
BONIFICA ITALIA S.r.l.
CO.RE. INGEGNERIA
OMNISERVICE Engineering S.r.l.

RESPONSABILI DI PROGETTO:

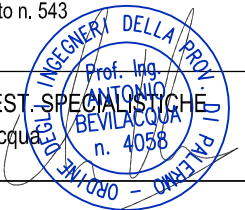
Dott. Ing. Mauro Lo
Ordine Ingegneri di Roma
Dott. Ing. Franco P
Ordine Ingegneri di Roma
Dott. Ing. Vincenzo
Ordine Ingegneri di Roma
Dott. Ing. Pietro Ag
Ordine Ingegneri di Agrigento n. 543



ORGANISMO DI ISPEZIONE ACCREDITATO ISP N° 008E ACCREDIA

ITALSOCOTEC S.p.A.
Responsabile del servizio: Ing. C. Pidotella

RESPONS. INTEG. PREST. SPECIALISTICHE
Dott. Ing. Antonio Bevilacqua



UFFICIO DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Vincenzo Corallo

ASSISTENTE
Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

GEOTECNICA Relazione geotecnica

CODICE: PE-GE03-GET-RE01-C


SCALA: -

DATA: Novembre 2014

NOME FILE:


PE-GE03-GET-RE01-C.DOC

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Visto	Approvato
A	Marzo 2014	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	SPINA	ALAGNA	LOTTO
B	Giugno 2014	REVISIONE A SEGUITO DEI RILIEVI ITALSOCOTEC	SPINA	ALAGNA	LOTTO
C	Novembre 2014	GIUSTA REVISIONE A SEGUITO RAPPORTO DI VERIFICA ITALSOCOTEC DEL 12/11/2014	SPINA	ALAGNA	LOTTO


 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
5.	CAMPAGNE DI INDAGINE PRECEDENTI	7
5.1	PROGETTO PRELIMINARE	7
5.2	PROGETTO DEFINITIVO	8
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	9
6.1	INDAGINI INTEGRATIVE ESEGUITE PROGETTO ESECUTIVO	9
6.2	CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
6.3	CARATTERIZZAZIONE DELLE FORMAZIONI DEL 1° STRALCIO.....	14
6.3.1	Terreno vegetale (TV)	14
6.3.2	Sabbie (S).....	16
6.3.3	Marne calcarenitiche sabbiose (MCS).....	19
6.3.4	Marne calcarenitiche argillose (MCA).....	21
6.3.5	Argille (A).....	24
6.3.6	Calcareniti grigie (CG)	27
6.3.7	Ripporto antropico (RA).....	28
7.	ANDAMENTO DELLA FALDA IDRICA.....	29
8.	PROVE DI PERMEABILITA'	30
9.	CARATTERISTICHE DI PORTANZA E IDONEITA' PIANI DI POSA	31
9.1	DETERMINAZIONE DEL MODULO RESILIENTE DEL SOTTOFONDO	31
9.2	DETERMINAZIONE DELLA COLTRE VEGETALE E REQUISITI DI PORTANZA DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI E DELLE TRINCEE.....	32
9.3	INDICAZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLO SPESSORE DELLA COLTRE VEGETALE E AGLI STRATI DI ULTERIORE BONIFICA	33
10.	IDONEITA' AL RIUTILIZZO DEI MATERIALI	36
11.	CONSIDERAZIONI SULL'AGGRESSIVITA' DEI CALCESTRUZZI	37

 <p>Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO</p> <p>Relazione geotecnica</p>	<p>ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.</p>
--	--	--

12.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....	38
13.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	40

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto lo studio geotecnico del progetto esecutivo relativo ai lavori di "Potenziamento dei collegamenti stradali fra la S.S. n. 115 nel tratto Comiso – Vittoria, il nuovo Aeroporto di Comiso e la S.S. n. 514 Ragusa – Catania", primo stralcio.

Questa relazione fornisce l'inquadramento geologico delle aree interessate, a partire dallo studio geologico fornito dall'Amministrazione, la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e le relative considerazioni sulla natura dei terreni stessi.

La caratterizzazione geotecnica della presente fase di progettazione riprende integralmente quanto riportato nel precedente livello di progettazione; per lo stralcio in oggetto ci si basa sulla caratterizzazione del progetto definitiva e si opera una particolarizzazione in base alle risultanze della campagna di indagini integrative eseguita durante i mesi di Dicembre 2013 e Gennaio 2014.


2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di progettazione è la seguente:

- Decreto Ministeriale D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare n° 617 del 2 Febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- UNI EN 1992-1-1:2005: "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici"
- UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali"

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta con riferimento alle risultanze del progetto preliminare e del progetto esecutivo e alla documentazione del progetto esecutivo di seguito indicata:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- Relazione sulle indagini geognostiche effettuate
- Indagini geognostiche integrative - campagna 2013 - Indagini geofisiche e prove CPT
- Indagini geognostiche integrative - campagna 2013 - Sondaggi a CC e pozzetti esplorativi
- Indagini geognostiche integrative - campagna 2013 - Prove di laboratorio
- Planimetria ubicazione delle indagini geognostiche
- Relazione geologica geomorfologica e idrogeologica
- Carta geologico-geomorfologica
- Carta Idrogeologica
- Profilo geologico del tracciato
- Relazione idrologica
- Relazione idraulica


4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame ricade nel settore occidentale degli Iblei, ai piedi della Scarpata di Comiso, lungo il bordo occidentale dell'Altipiano calcareo s.s., formato da crosta continentale spessa tra 20 e 30 km e caratterizzato da anomalie gravimetriche e magnetiche positive (AGIP 1978, 1982).

La crosta è costituita da una successione sedimentaria potente 6.000 metri circa, con prevalenza di rocce carbonatiche, caratterizzate da intercalazioni di livelli vulcanici, i cui orizzonti più profondi e più antichi, conosciuti attraverso perforazioni petrolifere, risalgono al Trias medio (Bianchi et al., 1989). In particolare, gli affioramenti relativi all'Altipiano calcareo s.s. (substrato) constano di formazioni marine terziarie, appartenenti ad un unico ciclo sedimentario oligo-miocenico, afferenti alla successione calcareo-calcarenitico-marnosa della Formazione Ragusa (Membro Leonardo e Membro Irminio) ed alla successione marnosa della Formazione Tellaro.

Nella zona pedemontana dell'Altipiano e nella piana di Vittoria, la copertura del substrato è formata da un complesso di sedimenti plio-quadernari di ambienti di deposizione da marino a continentale (Calcari marnosi Trubacei, Calcareniti organogene, Calcari e marne, sabbie, silts, argille lacustri, conglomerati e ghiaie alluvionali e brecce detritiche, limi neri palustri).

In particolare, procedendo da NE a SO, il tracciato dello stralcio funzionale di che trattasi ricade,


 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

per circa 2.150 m, su limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana chiaro, con intercalazioni calcarenitico-calcisiltitiche ed inglobanti sabbie e ghiaie, dello spessore medio di 4÷5 m, con punte di circa 15 m, nella zona di C/da Librandello - C/da Serravalle. In ampi tratti, comunque, questo substrato è mascherato da lembi di terre nere rappresentate, in zona, da limi sabbiosi e sabbie limose con livelli arenacei di colore brunastro.

Il rimanente tratto di circa 980 m fino alla rampa di raccordo con la rotatoria d'ingresso all'aeroporto, nonché la stessa rampa, per altri 450 m circa, ricadono, invece, direttamente sul sottostante complesso sabbioso-arenaceo di colore giallo-rossastro, dello spessore mediamente compreso tra 5 e 8 metri, con punte eccedenti i 10 metri. Limitatamente al tratto compreso tra le sezioni L1-35 e L1-39, il tracciato ricade su materiale di riporto.


Si riportano, di seguito, i principali lineamenti litostratigrafici dell'area di stretto interesse, così come desunti sia dalle evidenze dirette in corrispondenza degli affioramenti di superficie, sia dalle successioni stratigrafiche riscontrate nel corso delle perforazioni dei sondaggi geognostici:

- a) Terreni di riporto: sono costituiti da materiali e sfridi eterogenei, di chiara origine antropica, accumulati per qualche metro di spessore. Lungo il tracciato in esame si ritrovano solo tra la sez. L1-35 e la sez. L1-39.
- b) Terre nere (Limi bruni): Le terre nere sono rappresentate, in zona, da lembi di Limi bruni ossia di limi sabbiosi e sabbie limose con livelli arenacei di colore brunastro, deposti in ambiente (palustre) probabilmente di facies retro litorale in una fase climatica fredda. Formano una sottile copertura superficiale, metrica, che si riscontra tra le sez. L1-23 - L1-50 , sez. L1-56 - L1-82, sez. L1-91 - L1-138.
- c) Limi biancastri e marne sabbioso – travertinose biancastre: Consistono di limi, calcareniti-calcisiltiti, biancastri, talora inglobanti in superficie sabbie e ghiaie, marne sabbiose e marne calcareo-travertinose di colore da biancastro ad avana chiaro, con intercalazioni calcarenitiche. In pareti di scavo mostrano strutture di canalizzazione fluvio-lacustri incise sulle Sabbie gialle con livelli arenacei. Questo insieme di sedimenti fluvio - lacustri affiorano estesamente lungo tutto il tratto in esame tra le sez. L1-1 - L1-7, L1-82 - L1-91 e L1-138 - L1-179.
- d) Sabbie giallo-rossastre con livelli arenacei: Le sabbie gialle, localmente arrossate, si

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

presentano talora laminate e contenenti livelli arenacei a pupattole. Affiorano e subaffiorano estesamente in tutto il tratto di valle del tracciato stradale in esame tra le sez. L1-7 - L1-24 e, L1-50 - L1-56.

- e) Calcarei marnosi con livelli sabbioso-limosi: Sono rappresentati da calcareniti biancastre debolmente marnose, con intercalati livelli sabbioso-limosi di color nocciola, passanti in profondità ad argille marnose di colore grigiastro con intercalazioni arenacee ed a calcareniti organogene di color grigio scuro. Sono *Depositi limnici* che nel tratto in esame, non affiorano direttamente, ma sono stati riscontrati nel corso dei sondaggi geognostici, per uno spessore massimo di 15÷20 metri.
- f) Marne calcareo-sabbiose e sabbie bianco-giallastre: Sono rappresentate da marne calcareo-sabbiose di colore biancastro, alternate a sabbie e calcareniti bianco-giallastre. Sono sedimenti di ambiente marino riferibili al Pleistocene inferiore, riscontrati solo in profondità nelle perforazioni geognostiche, ma che affiorano immediatamente a Nord e Nord-Est dell'abitato di Vittoria, con spessori di diverse decine di metri.
- g) Alternanza calcareo-calcarenitico-marnosa (Formazione Ragusa): Questa unità, deposta in ambiente marino, rappresenta la parte inferiore e quella superiore della Formazione Ragusa. Quella inferiore (Membro Leonardo), di età Oligocene superiore, è formata da alternanze di calcilutiti e marne; quella superiore (Membro Irminio), di età Miocene inferiore, da alternanze di calcareniti e marne. Nel tratto in esame, gli unici lembi affioranti dell'alternanza calcarenitico-marnosa, riferibile al Membro Irminio, sono stati cartografati in prossimità della rotatoria di C/da Librandello – C/da Serravalle, alla terminazione ENE dello stralcio funzionale in progetto.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

5. CAMPAGNE DI INDAGINE PRECEDENTI

5.1 PROGETTO PRELIMINARE

La campagna di indagine del progetto preliminare è stata suddivisa in due parti, una relativa all'anno 2007 e una relativa all'anno 2008.

In particolare nella campagna di indagini del 2007 sono state condotte le seguenti indagini:


- n. 9 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo e con uso di doppio carotiere ove previsto, della profondità rispettivamente di m. 30,00 (S1), m. 30,20 (S2), m. 20,00 (S3), m. 20,00 (S4), m. 21,20 (S5), m. 30,00 (S6), m. 20,00 (S7), m. 30,00 (S8) ed m. 31,00 (S9);
- n. 12 prove S.P.T. e prelievo di n. 11 campioni indisturbati nel corso dei sondaggi;
- n. 19 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- n. 3 prove di permeabilità in foro di sondaggio tipo Lefranc a carico variabile.
- n. 4 prove sismiche in foro tipo down-hole, mediante condizionamento dei fori di sondaggio S1, S2, S6 ed S9;
- n. 2 piezometri a tubo aperto per il monitoraggio della falda mediante condizionamento dei fori di sondaggio S7 ed S8; in quest'ultimo il foro è stato attrezzato per l'installazione di una cella di Casagrande.

La campagna di indagini integrative del 2008 consta invece delle seguenti indagini:

- n. 7 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo e con uso di doppio carotiere ove previsto, della profondità rispettivamente di m. 12,00 (S10), m. 30,00 (S11), m. 30,00 (S12), m. 11,50 (S13), m. 15,40 (S14), m. 14,70 (S15) ed m. 14,70 (S16);
- n. 19 prove S.P.T. e prelievo di n. 15 campioni indisturbati nel corso dei sondaggi.

Il progetto preliminare, a seguito della campagna di indagini 2007/2008 ha individuato tre litotipi prevalenti quali:

- Limi bruni (L)
- Sabbie (S)
- Calcareniti marnose (CM)

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

5.2 PROGETTO DEFINITIVO


Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati all'area in esame si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche del 2010 ed il relativo studio geologico, condotto dall'Amministrazione, in particolare dal personale afferente il 13° Settore Geologia della Provincia Regionale di Ragusa e condotto dalla GLOBALGEO s.r.l., mediante l'utilizzo delle attrezzature geognostiche dirette ed indirette e geotecniche di laboratorio in dotazione agli stessi.

In particolare nella campagna di indagini del 2010 sono state condotte le seguenti indagini da parte dell'Amministrazione:

- n. 5 sondaggi meccanici a rotazione, a carotaggio continuo e con uso di doppio carotiere ove previsto, della profondità di 30,00 metricadauno, denominati S.PD.1, S.PD.2, S.PD5, S.PD.7, S.PD.8,
- n. 22 prove S.P.T. in foro;
- n. 7 campioni indisturbati nel corso del sondaggi S.PD.1, S.PD5, S.PD.7 e S.PD.8;
- n. 3 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile nel foro di sondaggio S.PD.1;
- n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue standardizzate (SCPT) di tipo pesante DPSH, denominate da PP_PD.01 a PP_PD.08;
- n. 5 prove sismiche in foro tipo down-hole, mediante condizionamento dei fori di sondaggio S.PD.1, S.PD.2, S.PD5, S.PD.7 e S.PD.8;

Da parte della GLOBALGEO s.r.l. sono state effettuate le seguenti indagini:

- n. 7 sondaggi meccanici a rotazione, a carotaggio continuo e con uso di doppio carotiere ove previsto, denominati S.PD.3, S.PD.4, S.PD6, S.PD.9, S.PD.10, S.PD.11, S.PD.12;
- n. 3 campioni indisturbati;
- n. 10 campioni Rimaneggiati;
- n. 18 campioni per prove CBR;
- n.14 prove S.P.T. in foro;
- n. 6 piezometro a Tubo Aperto per i fori di sondaggio S.PD.3, S.PD.4, S.PD6, S.PD.9, S.PD.11 e S.PD.12;
- n. 6 pozzetti di Protezione;
- n. 6 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Sono stati confermati i litotipi da progetto preliminare, con ulteriori distinzioni date le maggiori indicazioni fornite dalla campagna di indagini 2009/2010; in particolare sono stati distinti 7 litotipi:

- Terreno Vegetale (TV)
- Sabbie (S)
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCS)
- Marne calcarenitiche argillose (MCA)
- Argille (A)
- Limi (L)
- Calcareniti grigie (CG)

Rispetto al progetto preliminare sono state affinate le differenze per le calcareniti marnose, distinguendole in una tipologia a prevalenza sabbiosa (MCS), una tipologia a prevalenza limo-argillosa (MSA) e una tipologia più compatta indicata come Calcareniti Grigie (CG).

Un'ulteriore differenziazione è stata effettuata per i limi bruni, nei quali nel progetto preliminare ricadevano sia quelli a componente prevalentemente argillosa sia quelli a componente prevalentemente limosa. In sede di progetto definitivo è stata operata la differenziazione in Argille (A) e Limi (L).


6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

6.1 INDAGINI INTEGRATIVE ESEGUITE PROGETTO ESECUTIVO

La campagna di indagini integrative del progetto esecutivo, relativamente allo stralcio in oggetto, è stata eseguita nei mesi di Dicembre 2013 e Gennaio 2014.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati all'area in esame si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini integrative ed il relativo studio geologico, condotto dall'Amministrazione, in particolare dal personale afferente il 13° Settore Geologia della Provincia Regionale di Ragusa e condotto dalla Ionica Sondaggi s.r.l., mediante l'utilizzo delle attrezzature geognostiche dirette ed indirette e geotecniche di laboratorio in dotazione agli stessi.

In particolare nella campagna di indagine integrativa sono state condotte le seguenti indagini da parte dell'Amministrazione:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua standardizzata (SCPT) di tipo pesante DPSH, denominata da PP-PE-01;
- n. 1 prova sismica (Masw) denominata da MW-PE-01.


Da parte della Ionica Sondaggi s.r.l. sono state effettuate le seguenti indagini:

- n. 2 sondaggi meccanici a rotazione, a carotaggio continuo e con uso di doppio carotiere, denominati S-PE-01 e S-PE-02;
- n. 8 pozzetti esplorativi denominati PZ-PE-01 - PZ-PE-08;
- n. 8 campioni Rimaneggiati;
- n. 1 piezometro a Tubo Aperto per il foro di sondaggio S-PE-01;
- n. 2 prove di carico su piastra nei pozzetti esplorativi PZ-PE-05 e PZ-PE-07.

Sui campioni rimaneggiati sono state eseguite le seguenti prove di caratterizzazione geotecnica e chimica:

- peso dell'unità di volume;
- contenuto naturale d'acqua;
- peso specifico;
- limiti di Atterberg;
- analisi granulometriche;
- contenuto di sostanza organica;
- contenuto del carbonato di calcio;
- contenuto di solfati;
- contenuto di solfuri;
- contenuto di nitrati.

La campagna di indagini integrative ha altresì visto il prelievo di campioni di terreno e di acqua per determinare la classe di aggressività dei calcestruzzi (campioni terreni provenienti da S-PE-01, S-PE-02 e PZ-PE-06 e campioni di acqua dal piezometro S-PE-01) e prove chimiche per determinare l'idoneità al riutilizzo delle terre da scavo ai sensi del DM 161/2012; per le analisi e le considerazioni sulle risultanze di tali prove si rimanda all'elaborato specifico.

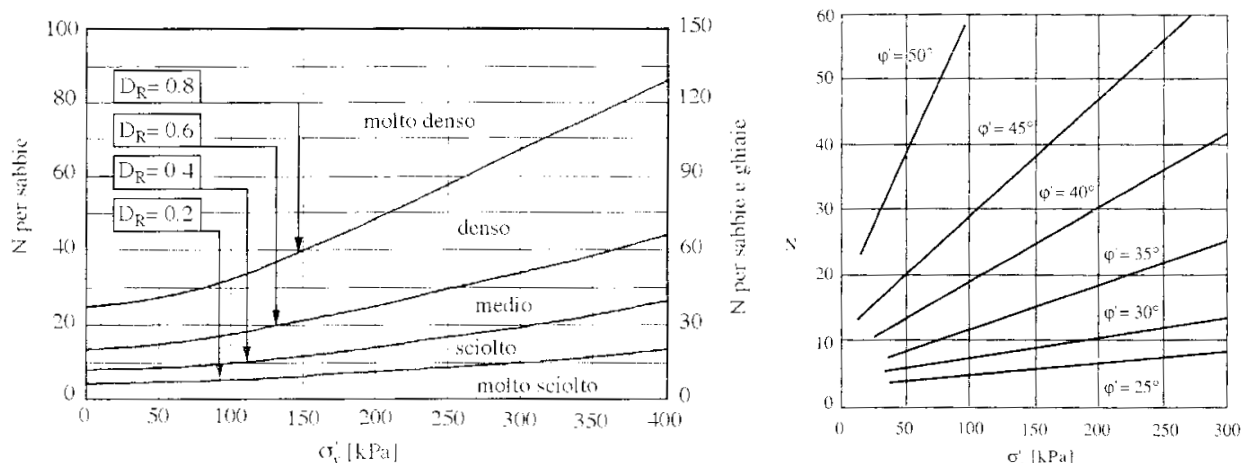
 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

6.2 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La campagna di indagini geognostiche integrative, ha confermato la caratterizzazione meccanica del progetto esecutivo, per cui risultano identici i criteri e le correlazioni che sono state adottate nel livello precedente di progettazione. Per tale ragione si riportano di seguito le correlazioni adottate precedentemente.

Le prove SPT consentono la stima dei parametri di resistenza nel caso di terreni incoerenti, in quanto in letteratura sono presenti sufficienti correlazioni per la loro valutazione.


Noto il numero di colpi delle prove SPT è possibile stimare i valori della densità relativa e dell'angolo di attrito interno, mediante i seguenti grafici (Viggiani, 1993):



Nelle campagne di indagine sono state condotte oltre alle prove SPT, anche prove DPSH, che consistono nel far penetrare nel terreno mediante battitura una punta conica di dimensioni e forma standardizzate.

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Per poter effettuare il passaggio tra penetrometro standard e penetrometro dinamico pesante DPSH si possono sfruttare le seguenti relazioni in funzione dei numeri di colpi e delle energie specifiche delle diverse attrezzature di prova:

$$N_{spt} = \beta t N$$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

dove:

- $\beta t = Q / Q_{spt}$;
- Q : energia specifica per colpo;
- Q_{spt} : energia specifica della prova SPT.

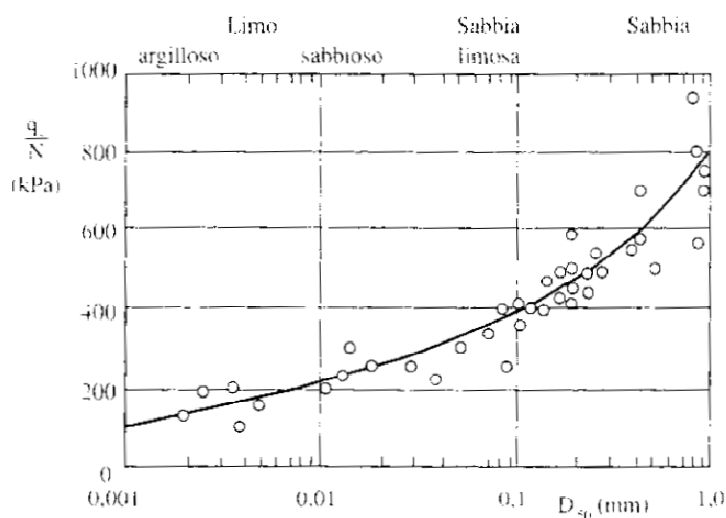
L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Per i terreni coesivi, le correlazioni disponibili per la stima dei parametri sono per lo più riferite ai risultati delle prove CPT e pertanto si utilizza dapprima il grafico di correlazione $N_{SPT}-q_c$ (Robertson et altri, 1982) riportato di seguito e successivamente, noto il diametro passante al 50%, vengono utilizzate le correlazioni disponibili in letteratura per la caratterizzazione geotecnica del litotipo in esame.



Definita la resistenza penetrometrica alla punta si stimano i seguenti parametri geotecnici:

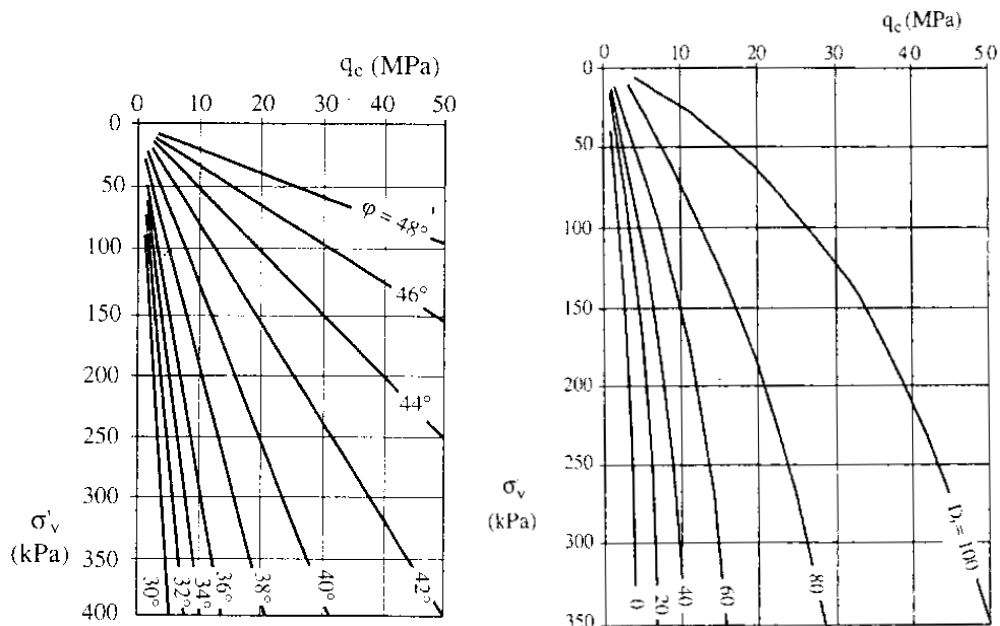
coesione non drenata:

$$c_u = 0.22 \cdot \sigma'_{v0} \cdot OCR^{0.8} \text{ (Ladd, 1985)}$$

dove:

- $OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}}$ = grado di consolidazione
- σ'_p = tensione di preconsolidazione, determinata mediante i diagrammi indice dei vuoti
- (e)-tensione litostatica verticale efficace (σ'_{v0}) ricavata dalle prove edometriche.

densità relativa (Baldi et altri, 1986) ed angolo di attrito efficace (Viggiani, 1993):




modulo elastico:

$$E = m \cdot (\sigma'_{v0} \cdot p'_a)^{0.5} \text{ (Jambu, 1967)}$$

dove

- σ'_{v0} = pressione litostatica efficace;
- p'_a = pressione atmosferica (100 kPa);

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- m = coefficiente funzione del tipo di terreno e del grado di addensamento, che può essere espresso mediante le seguenti:
 - $m = 70 \cdot e^{0.02 \cdot Dr}$ per limi
 - $m = 110 \cdot e^{0.02 \cdot Dr}$ per sabbie
 - $m = 170 \cdot e^{0.02 \cdot Dr}$ per ghiaie

modulo edometrico: $E_{ed} = 1.2 \div 1.5 \cdot E$ (Viggiani, 1993)

6.3 CARATTERIZZAZIONE DELLE FORMAZIONI DEL 1° STRALCIO

In merito a quanto elaborato nei livelli di progettazione precedente e in merito a quanto risultante dalla campagna di indagine integrativa e lo studio geologico redatto dall'Amministrazione, è stato possibile evidenziare quanto segue.

L'analisi dei risultati delle indagini è stata condotta aggregando i dati per tipologia di litotipo interessato, in modo da poter definire per ciascuno di essi dei range di parametri geotecnici caratteristici da utilizzare nelle scelte progettuali.


Da quanto si evince dall'analisi geologica e geomorfologica dell'area in cui ricade lo stralcio in oggetto si distinguono i seguenti litotipi:

- Terreno Vegetale (TV)
- Sabbie (S)
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCS)
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCA)
- Argille (A)
- Calcareniti grigie (CG)
- Riporto Antropico (RA)

Di seguito si riporta la caratterizzazione geotecnica di ciascun litotipo ricadente nell'area in oggetto.

6.3.1 Terreno vegetale (TV)

Sono costituiti da un'alternanza di depositi superficiali, molto degradati o riportati in situ, descritti come terre nere, terre rosse, terre vegetali, terre agrarie.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Per caratterizzare tale litotipo si è fatto riferimento ai risultati delle prove dinamiche continue in situ di tipo pesante DPSH del progetto definitivo, condotti sui campioni, ricadenti in tale litotipo, dei sondaggi PP_PD.01, PP_PD.02, PP_PD.03, PP_PD.04, PP_PD.05, PP_PD.06, PP_PD.07, PP_PD.08.

Negli elaborati relativi alle indagini in situ mediante penetrometro dinamico continuo DPSH, per la stima dei parametri di compressibilità del terreno vegetale, si considera una media del valore di N_{20} per i metri dello stesso. Per passare da N_{20} a N_{spt} si considera un coefficiente β pari a 1.489 così come indicato nell'elaborato relativo alle indagini di cui sopra. I valori della densità relativa sono stati ottenuti a partire dai grafici in funzione del numero di colpi N_{spt} , mentre il modulo elastico è stimato con la relazione di Jambu.

Campione	N_{20}	N_{spt}	DR (%)	E (kPa)
PP_PD.01	5	7	40	6967
PP_PD.02	5	7	40	6967
PP_PD.03	6	9	55	9405
PP_PD.04	4	6	30	5704
PP_PD.05	4	6	30	5704
PP_PD.06	5	7	40	6967
PP_PD.07	5	7	40	6967
PP_PD.08	5	7	40	6967

Tabella 1: Risultanze sondaggi da PP_PD.01 a PP_PD.08.

Da quanto si è evinto dalle risultanze delle indagini in situ il litotipo in esame presenta un comportamento essenzialmente di tipo incoerente; in sede di analisi sono stati assunti i seguenti range di valori dei vari parametri geotecnici, mediando i dati disponibili:

- Peso specifico $\gamma = 17\div 19 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo di attrito efficace $\varphi' = 22^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 5\div 8 \text{ MPa}$.

6.3.2 Sabbie (S)

Sono costituite da un'alternanza di sabbie con livelli arenacei, conglomerati, ghiaie e sabbie carbonatiche di spessori compresi tra 2÷12 m circa nella maggior parte dei casi affiorante mentre in altri come strato di base delle marne.

I sondaggi geognostici che presentano tale litotipo sono S-PE-01 e S-PE-02 della campagna di indagine integrativa del progetto esecutivo, i sondaggi SPD1, SPD8 della campagna di indagine del progetto definitivo e per una maggiore validazione delle scelte dei parametri si considera anche il sondaggio appartenente alla campagna di indagine del progetto preliminare S12.

I risultati disponibili per la caratterizzazione geotecnica sono quelli relativi alle prove di taglio diretto condotte nei sondaggi sopracitati.

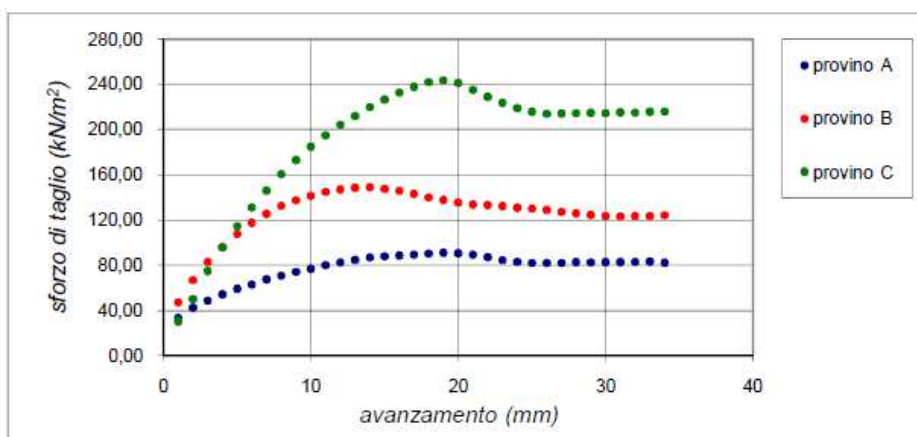


Fig. 6.1 – Prova di taglio campione SPD1-C2

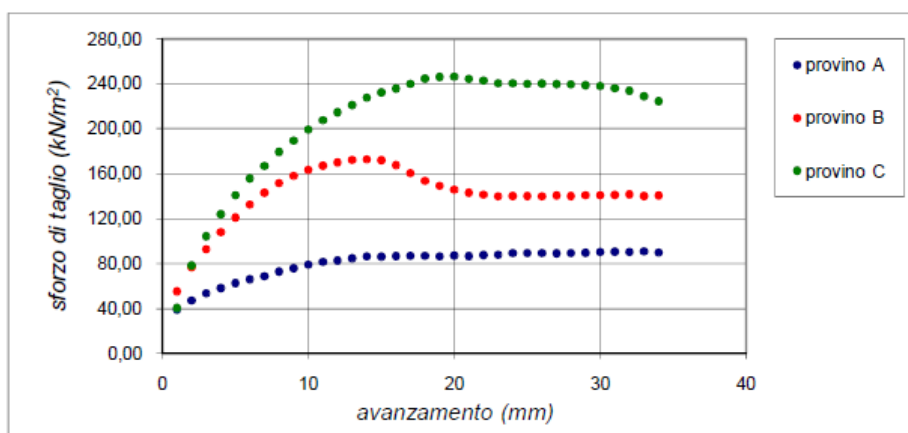


Fig. 6.2 – Prova di taglio campione SPD8-C1

Dal confronto di queste prime due prove di taglio si denota un comportamento molto simile in termini di tensioni – spostamenti. Il valore di orizzontalità della curva, indicativo dello stato a volume costante si raggiunge intorno ai 25 mm di spostamento orizzontale.

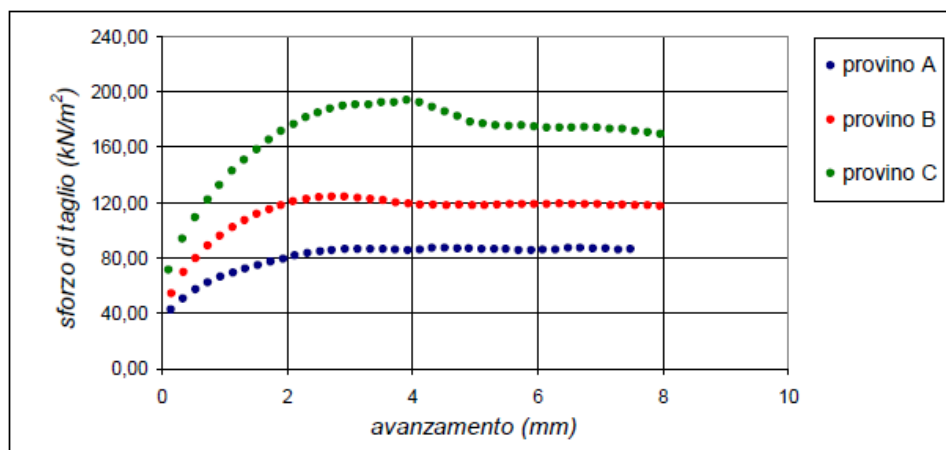


Fig. 6.3 – Prova di taglio campione S12-C2

Dall’analisi della precedente prova di taglio si evidenzia un raggiungimento dello stato a volume costante dell’ordine dei 4 mm, inferiore alle due precedenti, indice probabilmente di una componente più limosa nel campione.

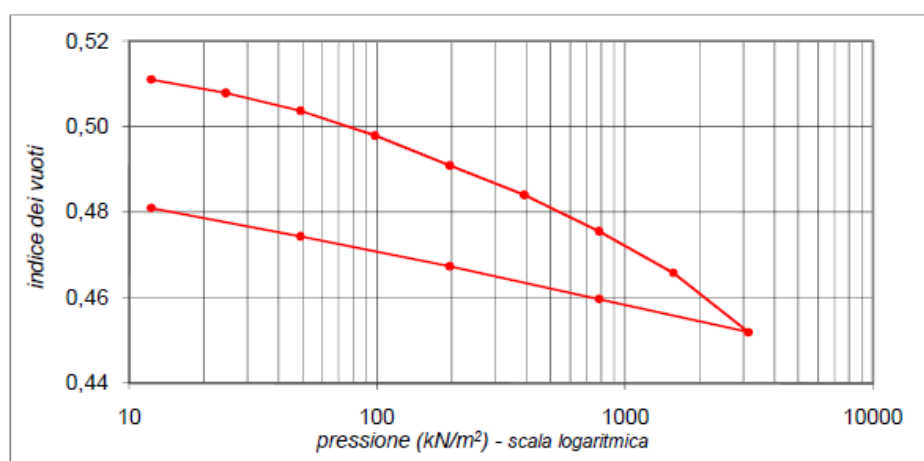


Fig. 6.4 – Prova edometrica campione SPD1-C2

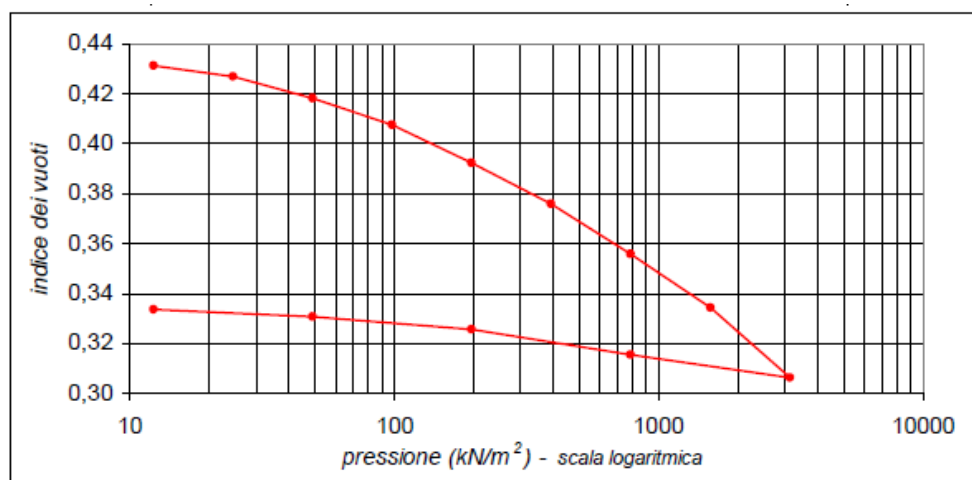


Fig. 6.5 – Prova edometrica campione S12-C2


Dal confronto tra le due prove di compressione edometrica si evidenzia per la prima un comportamento più elastico, rispondente ad un provino a componente più sabbiosa, mentre per la seconda un comportamento meno elastico ad ulteriore testimonianza della maggiore quantità di particelle a grana fine, tipico dei terreni più limosi.

Per la caratterizzazione della coesione e dell'angolo di resistenza a taglio sono state sfruttate le prove di taglio diretto. Per il calcolo della densità relativa sono state sfruttate le prove di compressione edometrica e per la determinazione del modulo elastico E è stato utilizzata la relazione di Jambu. Nella tabella seguente si riporta la caratterizzazione alla luce delle considerazioni appena descritte.

Sondaggio	γ (kN/m^3)	w_n (%)	c' (kPa)	φ' ($^\circ$)	D_r (%)	E (kPa)
SPD1	19.46	15.68	8.88	37.8	38	28600
SPD8	19.48	24.38	14.84	38.4	-	-
S12	21.30	18.07	26.45	28.5	32	23300

Tabella 2: Caratterizzazione geotecnica mediante i sondaggi.

Da quanto si evince dalle risultanze delle indagini in situ, il litotipo in esame presenta un comportamento essenzialmente di tipo incoerente con presenza di matrice limosa che comporta

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

la determinazione di bassi valori di coesione; i parametri geotecnici da assumersi in sede di progettazione esecutiva sono i seguenti:

- Peso specifico $\gamma = 17.50 \div 19.50 \text{ kN/m}^3$;
- Contenuto naturale d'acqua $w_n = 15 \div 25 \%$
- Angolo di attrito efficace $\phi' = 30 \div 35^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 20 \div 30 \text{ MPa}$.

6.3.3 Marne calcarenitiche sabbiose (MCS)

Sono depositi di tipo calcareo-sabbioso di colore bianco crema alternata a livelli più sabbiosi di colore bianco-giallastro.


Tale deposito si trova nella formazione di base dello stralcio in oggetto. Per caratterizzare tale litotipo si è fatto riferimento ai risultati di laboratorio condotti sui campioni ricadenti nel litotipo in esame. Dei sondaggi SPD1 e SPD2 relativi alla campagna di progetto definitivo sono state effettuate analisi fisico-chimiche delle terre e prove SPT in foro :

Campione	Prof. (m)	N spt	ϕ' (°)
SPD1-SPT1	2.50÷2.95	50	42
SPD1-SPT2	5.70÷6.20	77	50
SPD1-C3	27.00÷27.60	-	-
SPD2-SPT1	0.50÷0.95	36	38
SPD2-SPT2	1.50÷1.95	33	37
SPD2-SPT3	3.20÷3.65	73	48

Tabella 3: Risultanze sondaggi da prove SPT, SPD1 SPD2

In funzione del numero di colpi N_{spt} si ottengono valori dell'angolo di resistenza a taglio abbastanza elevato.

Andando analizzare le descrizioni geologiche dei campioni di riferimento si evidenzia una

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

componente a grana fine che conferisce un certo grado di cementazione al litotipo.

Dal momento che gli angoli di resistenza a taglio ottenuti dalle correlazioni sono in qualche caso certamente elevati, si ipotizza un valore della coesione variabile tra 0 e 10 kPa, e un angolo di resistenza a taglio cautelativamente compreso fra i 30° e i 35°.

Per determinare la densità relativa si fa riferimento alla prova di compressione edometrica del campione SPD1-C3. Per la determinazione del modulo elastico si considera la relazione di Jambu. Per la determinazione del modulo edometrico si fa riferimento alla correlazione di Viggiani.

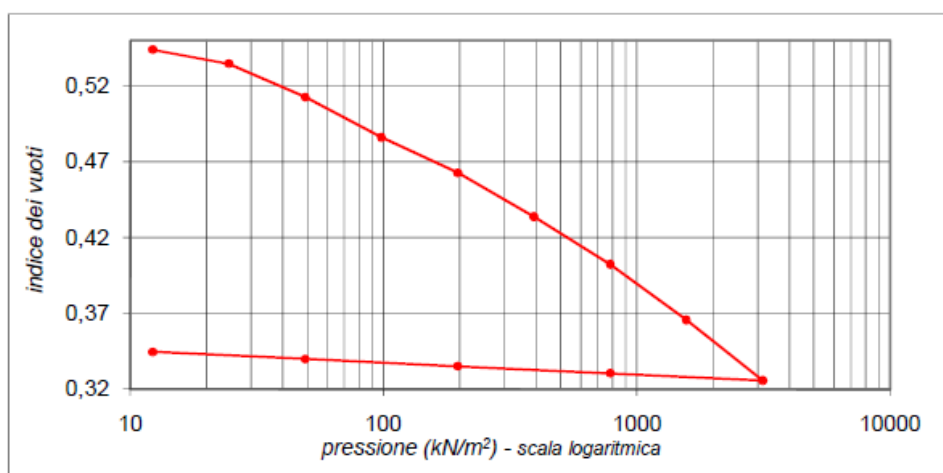



Fig. 6.6 – Prova edometrica campione SPD1-C3

Sondaggio	γ (kN/m ³)	w _n (%)	Dr (%)	E (kPa)	E _{ed} (kPa)
SPD1-C3	19.15	26.24	42	35500	48000

Tabella 4: Caratterizzazione geotecnica mediante i sondaggi

Da quanto si è evinto dalle risultanze delle indagini sia in situ che di laboratorio, il litotipo in esame presenta un comportamento prevalentemente di tipo incoerente; in sede di analisi sono stati assunti i seguenti range di valori dei vari parametri geotecnici, mediando i dati disponibili:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- Peso specifico $\gamma = 18\div 19.15 \text{ kN/m}^3$;
- Contenuto naturale d'acqua $w_n = 25\div 30 \%$;
- Angolo di attrito efficace $\varphi' = 30\div 35^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 0\div 10 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 30\div 40 \text{ MPa}$;
- Modulo edometrico $E_{ed} = 40\div 50 \text{ MPa}$.

6.3.4 Marne calcarenitiche argillose (MCA)

Sono depositi costituiti da calcari marnosi sabbiosi, silts biancastri e grigiasti che raggiungono potenze fino a 20 m poggiando sul substrato calcarenitico marnoso della Formazione Ragusana. Esse sono in profondità nella parte iniziale dello stralcio in oggetto per poi affiorare superficialmente nella parte centrale e finale.

Per caratterizzare tale litotipo si è fatto ai sondaggi della campagna definitiva SPD5, SPD6 e in ausilio ai sondaggi S12 ed S13 della campagna di indagine in sede di progetto preliminare. Dei sondaggi sopracitati sui quali sono state effettuate analisi fisico-chimiche delle terre e prove di taglio diretto i cui risultati sono di seguito riassunti:

Campione	Prof. (m)	γ (kN/m^3)	w_n (%)
SPD5-C1	1.50÷2.20	18.27	15.08
SPD6-CR1	1.50÷1.70	18.69	19.3
S13-C1	3.60÷3.90	17.52	22.86
S12-C3	9.50÷10.30	18.99	30.41
S12-C4	13.30÷14.00	17.75	19.88

Tabella 5: Caratterizzazione fisica mediante i sondaggi

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e di deformabilità si è fatto riferimento alle prove di taglio diretto e alle prove edometriche disponibili per il litotipo in questione.

Per la determinazione della densità relativa si è fatto riferimento ai valori dell'indice dei vuoti

ricavati dalla prova di compressione edometrica. Per la determinazione del modulo elastico e del modulo edometrico si è fatto riferimento alla relazione di Jambu e successivamente a quella di Viggiani. La determinazione del coefficiente di consolidazione è stato ricavato direttamente dall'interpretazione della prova edometrica così come il grado di sovraconsolidazione OCR. Infine a partire da questi ultimi valori è stata determinata la resistenza non drenata con la correlazione di Ladd.

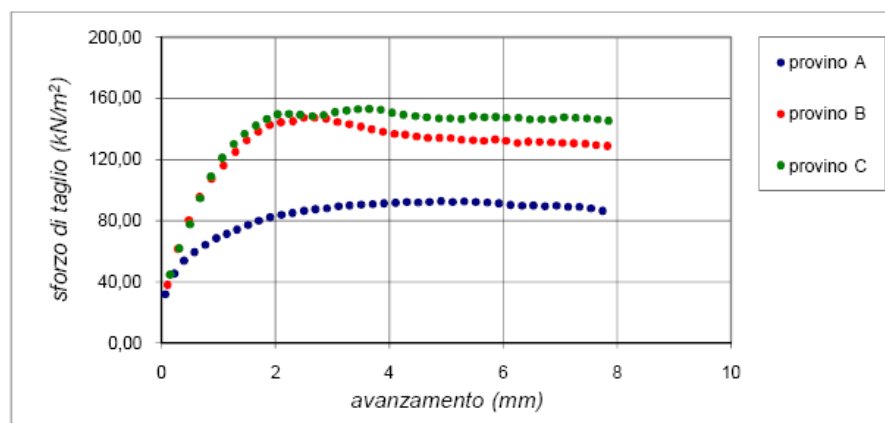


Fig. 6.7 – Prova di taglio diretta SPD5-C1

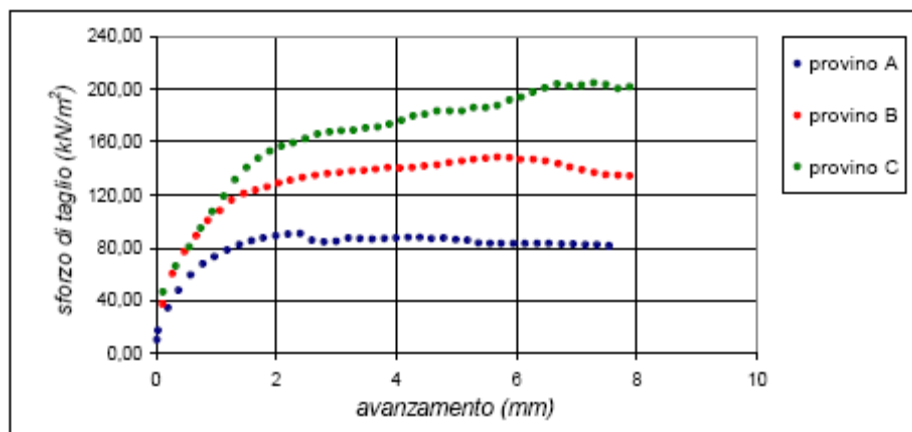



Fig. 6.8 – Prova di taglio campione S13-C1

Dal confronto delle due prove di taglio diretto, si evidenzia una certa omogeneità sui diagrammi tensioni-spostamenti, in quanto il comportamento a “volume costante” si raggiunge nell'ordine dei 4 mm.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
	PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	

Campione	Prof. (m)	c' (kPa)	ϕ' (°)
SPD5-C1	1.50÷2.20	70.73	17
S13-C1	3.60÷3.90	34.50	30

Tabella 6: Caratterizzazione geotecnica mediante prove di taglio diretto

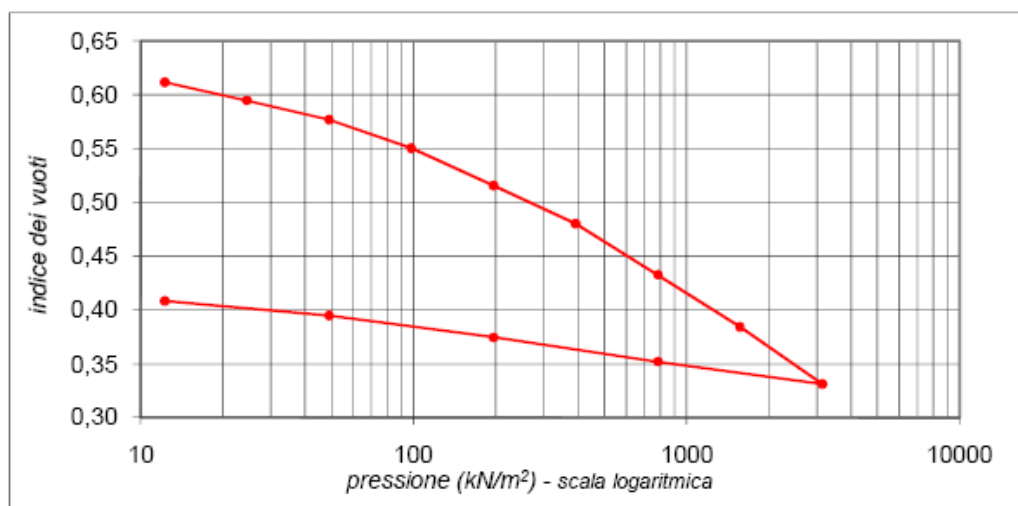



Fig. 6.9 – Prova edometrica SPD5-C1

Campione	DR (%)	Cv (cm ² /s)	σ'_p (kPa)	OCR	Cu (kPa)	E (kPa)	Eed (kPa)
SPD5-C1	34	0.00221	105	3	22	1830	2200

Tabella 7: Caratterizzazione geotecnica mediante prova di compressione edometrica

Per maggiori dettagli sulla variazione dei coefficienti di consolidazione e dell'indice dei vuoti al variare dei diversi step di carico si faccia riferimento allo specifico elaborato sulle risultanze delle prove di laboratorio.

I valori ottenuti da tale campione sono sicuramente modesti poiché lo stesso è stato prelevato da

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

uno strato abbastanza superficiale. Tuttavia tale unità geotecnica presenta banchi di spessore superiore, per cui il livello di tensione di agente risulta sicuramente maggiore di quello del provino in esame. Dalla stessa prova di compressione edometrica a disposizione di tale studio per il litotipo in questione risultano valori del modulo di compressione edometrica molto variabili con il livello tensionale, raggiungenti anche l'ordine dei 50 MPa. Tutto ciò premesso, da quanto si è evinto dalle risultanze delle indagini sia in situ che di laboratorio, il litotipo in esame presenta un comportamento essenzialmente di tipo coesivo; in sede di analisi sono stati assunti i seguenti range di valori dei vari parametri geotecnici caratteristici, mediando i dati disponibili:


- Peso specifico $\gamma = 17.50 \div 19 \text{ kN/m}^3$;
- Contenuto naturale d'acqua $w_n = 20 \div 30 \%$
- Angolo di attrito efficace $\phi' = 15 \div 25^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 30 \div 50 \text{ kPa}$;
- Coesione non drenata $c_u = 50 \div 120 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 30 \div 32 \text{ MPa}$;
- Modulo edometrico $E_{ed} = 40 \div 44 \text{ MPa}$.

6.3.5 Argille (A)

Sono depositi costituiti da argille di colore variabile, dal marrone al rossastro, dal grigio al verdastro.

Esso sono presente in profondità nello parte iniziale dello stralcio in oggetto.

Per caratterizzare tale litotipo si è fatto riferimento ai risultati di laboratorio condotti sui campioni ricadenti nel litotipo in esame; in particolare si è fatto riferimento al sondaggio della campagna definitiva SPD5 e in ausilio i sondaggi S11 e S10 della campagna di indagine di progetto preliminare. Dei sondaggi sopraccitati sui quali sono state effettuate analisi fisico-chimiche delle terre e prove di taglio diretto i cui risultati sono di seguito riassunti:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Campione	Prof. (m)	γ (kN/m ³)	w _n (%)
SPD5-C2	11.90÷12.60	18.82	28.62
S11-C3	14.70÷15.20	19.57	27.40
S10-C2	9.30÷9.70	19.74	26.35

Tabella 8: Caratterizzazione geotecnica mediante i sondaggi

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e di deformabilità si è fatto riferimento alle prove di taglio diretto e alle prove edometriche disponibili per il litotipo in questione.

Per la determinazione della densità relativa si è fatto riferimento ai valori dell'indice dei vuoti ricavati dalla prova di compressione edometrica. Per la determinazione del modulo elastico e del modulo edometrico si è fatto riferimento alla relazione di Jambu e successivamente a quella di Viggiani. La determinazione del coefficiente di consolidazione è stato ricavato direttamente dall'interpretazione della prova edometrica così come il grado di sovraconsolidazione OCR. Infine a partire da questi ultimi valori è stata determinata la resistenza non drenata con la correlazione di Ladd.

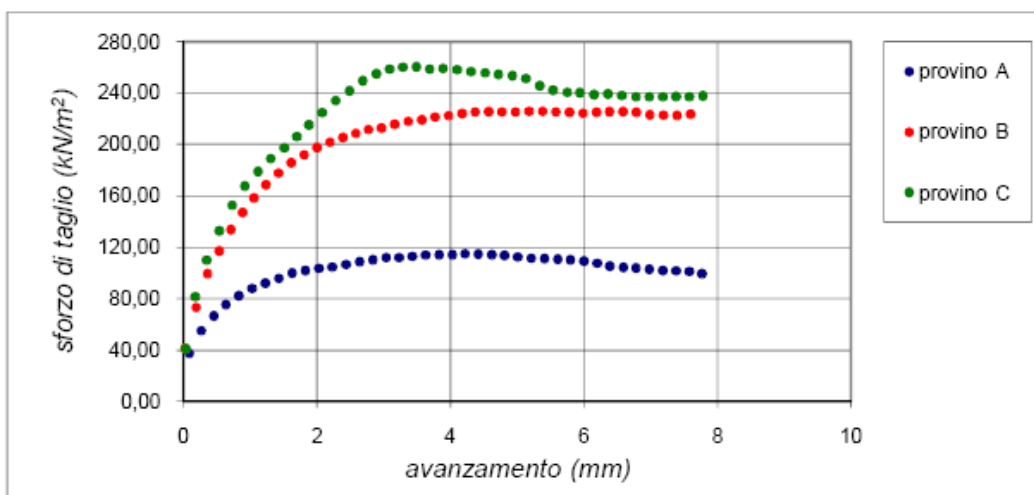


Fig. 6.10 – Prova di taglio diretta SPD5-C2

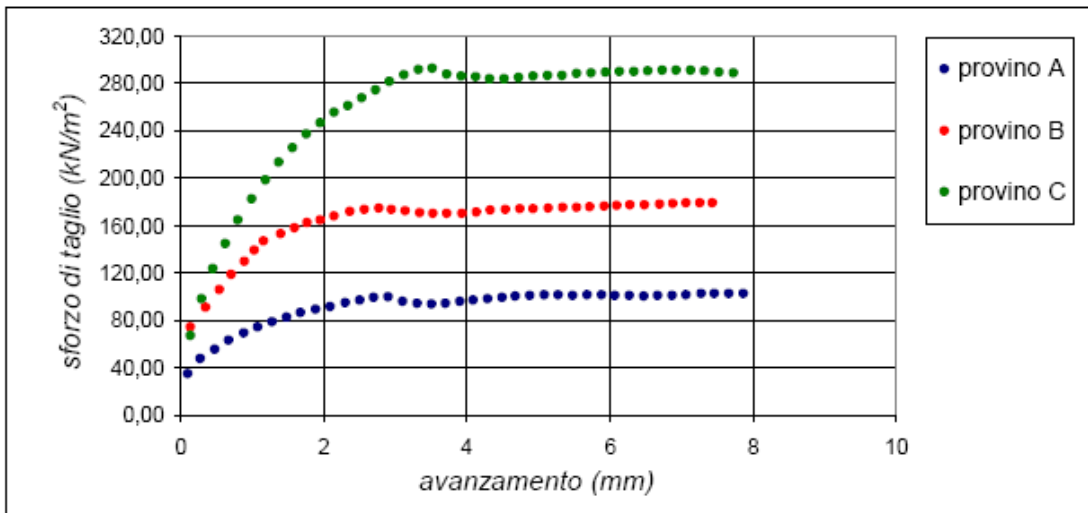


Fig. 6.11 – Prova di taglio diretta S10-C2

Dal confronto delle due prove di taglio diretto, si evidenzia una certa omogeneità sui diagrammi tensioni-spostamenti, in quanto il comportamento a “volume costante” si raggiunge nell’ordine dei 4 mm.

Campione	Prof. (m)	c' (kPa)	ϕ' (°)
SPD5-C2	11.90÷12.60	30.88	26.02
S10-C2	9.30÷9.70	28.45	32.40

Tabella 9: Caratterizzazione geotecnica mediante prove di taglio diretto

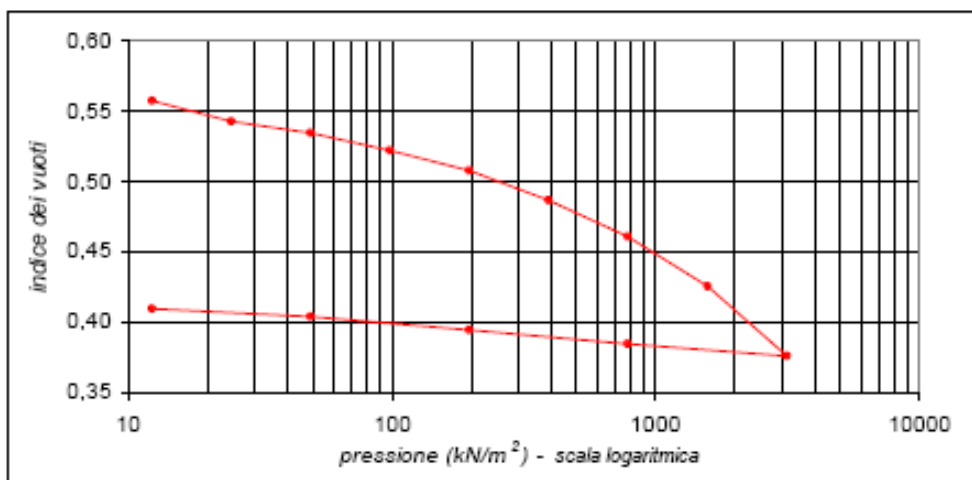



Fig. 6.12 – Prova edometrica S10-C2

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Campione	DR (%)	Cv (cm ² /s)	σ'_p (kPa)	OCR	Cu (kPa)	E (kPa)	Eed (kPa)
S10-C2	35	0.00869	200	1	46	20000	27000

Tabella 10: Caratterizzazione geotecnica mediante prova di compressione edometrica

Per maggiori dettagli sulla variazione dei coefficienti di consolidazione e dell'indice dei vuoti al variare dei diversi step di carico si faccia riferimento allo specifico elaborato sulle risultanze delle prove di laboratorio.


Dalla stessa prova di compressione edometrica a disposizione di tale studio per il litotipo in questione risultano valori del modulo di compressione edometrica molto variabili con il livello tensionale, raggiungenti anche l'ordine dei 50 MPa. Tutto ciò premesso, da quanto si è evinto dalle risultanze delle indagini sia in situ che di laboratorio, il litotipo in esame presenta un comportamento essenzialmente di tipo coesivo; in sede di analisi sono stati assunti i seguenti range di valori dei vari parametri geotecnici caratteristici, mediando i dati disponibili:

- Peso specifico $\gamma = 18.00 \div 19.50 \text{ kN/m}^3$;
- Contenuto naturale d'acqua $w_n = 25 \div 30 \%$;
- Angolo di attrito efficace $\phi' = 24 \div 30^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 25 \div 30 \text{ kPa}$;
- Coesione non drenata $c_u = 40 \div 60 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 20 \div 30 \text{ MPa}$;
- Modulo edometrico $E_{ed} = 27.5 \div 34.5 \text{ MPa}$.

6.3.6 Calcareni grigie (CG)

Sono depositi costituiti da calcarenite organogena grigia, dura in alternanza con livelli limoso-sabbiosi nerastri. I livelli duri hanno spessore tra 0.6 e 1.0 m.

Sono presenti nella parte iniziale dello stralcio in oggetto e si trovano a profondità elevate. Per la caratterizzazione dello strato si fa riferimento al sondaggio S11 del progetto preliminare, in particolare ai campioni C4 e C5, sui quali oltre le analisi fisico chimiche è stata effettuata una

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

prova di resistenza a compressione semplice.

Dal sondaggio sopracitato è possibile ricavare i seguenti parametri:

Campione	Prof. (m)	γ (kN/m ³)	w _n (%)	σ_c (MPa)
S11-C4	22.50÷22.60	19.57	27.40	-
S11-C5	29.80÷30.00	21.61	-	19.84

Tabella 11: Caratterizzazione geotecnica mediante i sondaggi


Considerando una possibile degrado dei primi metri del banco, alla luce della natura si considerano a vantaggio di sicurezza i seguenti parametri caratteristici di riferimento:

- Peso specifico $\gamma = 17.50 \div 19 \text{ kN/m}^3$;
- Contenuto naturale d'acqua $w_n = 20 \div 30 \%$;
- Angolo di attrito efficace $\varphi' = 15 \div 25^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 30 \div 50 \text{ kPa}$;
- Coesione non drenata $c_u = 50 \div 120 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 30 \div 32 \text{ MPa}$;
- Modulo edometrico $E_{ed} = 40 \div 44 \text{ MPa}$.

Eseguita l'analisi dei risultati delle indagini e la conseguente caratterizzazione dei vari litotipi che interessano i terreni di fondazione del tracciato stradale in progetto, è stato redatto un "Profilo Geotecnico" del tracciato in cui viene riportata la collocazione delle varie opere d'arte in progetto, in modo da poter individuare per ciascuna di esse le relative condizioni litologiche.

6.3.7 Riporto antropico (RA)

La formazione è presente in corrispondenza del rilevato esistente presente tra la pk. 0+700 e la pk. 0+750 dell'asse principale. In corrispondenza di tale rilevato è stato eseguito un pozzetto

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

esplorativo ai fini ambientali.

Dalla descrizione della stratigrafia si evince che il rilevato è costituito da materiale di riporto a sua volta costituito da ghiaia e sabbia con ciottoli e laterizi in matrice terrosa. Dall'osservazione della fotografia del pozzetto si nota come le pareti dello scavo risultano verticali, tali da constatare la presenza di una coesione. Ai fini della presente caratterizzazione, si considerano cautelativamente i seguenti parametri caratteristici di riferimento:

- Peso specifico $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo di attrito efficace $\varphi' = 36^\circ$;
- Coesione drenata $c' = 2 \text{ kPa}$;
- Modulo elastico $E = 30 \text{ MPa}$.

Eseguita l'analisi dei risultati delle indagini e la conseguente caratterizzazione dei vari litotipi che interessano i terreni di fondazione del tracciato stradale in progetto, è stato redatto un "Profilo Geotecnico" del tracciato in cui viene riportata la collocazione delle varie opere d'arte in progetto, in modo da poter individuare per ciascuna di esse le relative condizioni litologiche.


7. ANDAMENTO DELLA FALDA IDRICA

I sondaggi nei quali è stato installato un piezometro che caratterizzano idraulicamente lo stralcio in oggetto, risultano essere il sondaggio SPD9 della campagna di indagine definitiva e il sondaggio S-PE-01 della campagna di indagine integrativa del progetto esecutivo.

Per il piezometro SPD9, la falda idrica in sede di perforazione è stata rinvenuta a quota 8.60 dal p.c. Durante la campagna di indagine del progetto definitivo sono state eseguite alcune letture piezometriche; in particolare per il sondaggio SPD9 è stata rilevata una quota della falda pari a quota 8.00 m dal p.c.; l'escursione della falda potrebbe essere variazioni delle condizioni meteorologiche stagionali.

In sede di esecuzione del sondaggio S-PE-01 della campagna di indagine integrativa, è stata rilevata la presenza della falda a quota 22.90 m dal p.c.; nei mesi successivi, con cadenza bisettimanale sono state effettuate delle letture piezometriche che hanno fornito piccolissime variazioni della falda tali da essere considerate trascurabili.

Dall'analisi dei litotipi presenti all'interno dello stralcio è possibile affermare che la falda idrica si

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

attesta all'interno della formazione delle marne calcarenitiche sabbiose (MCS); nella parte iniziale dello stralcio si attesta pertanto in prossimità dei 23 metri dal p.c., mentre nella parte finale si attesta intorno agli 8÷9 metri dal p.c.. L'andamento della falda idrica è pertanto riportato nei profili geotecnici di progetto.

Alla luce di quanto indicato è possibile affermare che la falda idrica non interagisce con le opere strutturali.

8. PROVE DI PERMEABILITA'


Durante la campagna di indagine del progetto definitivo sono state eseguite prove di permeabilità di tipo Lefranc (sondaggi SPD1, SPD3, SPD4, SPD9), che sono risultate sufficienti per la determinazione del coefficiente di permeabilità delle formazioni presenti.

Nella tabella seguente sono riportati i valori del coefficiente di permeabilità risultante dalle prove in sito.

Sondaggio	Prof. (m)	Litotipo	k (cm/s)
SPD1	4.00	S	1.79×10^{-4}
SPD1	5.00	S	8.99×10^{-5}
SPD1	10.00	S	2.07×10^{-4}
SPD3	5.50	MCA	2.346×10^{-2}
SPD3	15.50	MCS	5.113×10^{-5}
SPD4	3.00	S	2.847×10^{-4}
SPD4	11.00	A	7.574×10^{-6}
SPD9	2.50	L	5.555×10^{-5}
SPD9	9.00	MCS	2.347×10^{-6}

Tabella 12: coefficienti di permeabilità secondo prove Lefranc

I risultati delle prove di permeabilità sembrano attinenti ai litotipi interessati, a meno del campione SPD3, ricadente nell'unità geologica MCA, che presenta una permeabilità elevata per la natura

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

argillosa della formazione. Analizzando la stratigrafia del sondaggio SPD3, si evince effettivamente che gli strati più superficiali della formazione di circa 10 m, presentano una scarsa matrice argillosa tanto da ritenere che il terreno abbia un comportamento pressoché da materiale incoerente; pertanto il valore di permeabilità determinato nello strato MCA a circa 5.50 m risulta attendibile.

Per profondità maggiori, prevale la matrice argillosa della marna calcarenitica, per cui si attendono valori di permeabilità minori; infatti considerando i coefficienti di permeabilità derivanti dalle prove di compressione edometrica caratterizzanti l'unità geotecnica MCA, si ottengono coefficienti di permeabilità dell'ordine dei 10^{-6} - 10^{-7} cm/s.


Pertanto dalla precedente tabella e dalle precedenti considerazioni si può concludere che i coefficienti di permeabilità dei litotipi in esame possono essere riassunti come segue:

- Sabbie (S): $k = 8.99 \times 10^{-5} \div 2.847 \times 10^{-4}$ cm/s;
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCS): $k = 2.347 \times 10^{-6} \div 5.113 \times 10^{-5}$ cm/s;
- Marne calcarenitiche argillose superficiali (MCAs): $k = 2.3 \times 10^{-2}$ cm/s;
- Marne calcarenitiche argillose profonde (MCAp): $k = 5 \times 10^{-7} \div 5 \times 10^{-6}$ cm/s;
- Argille (A): $k = 7.574 \times 10^{-6}$ cm/s.

9. CARATTERISTICHE DI PORTANZA E IDONEITA' PIANI DI POSA

9.1 DETERMINAZIONE DEL MODULO RESILIENTE DEL SOTTOFONDO

Per valutare l'idoneità dei sottofondi stradali, in maniera tale da contenere gli effetti dell'ormaiamento della pavimentazione, è possibile valutare la portanza del sottofondo mediante delle specifiche prove che sono per l'appunto le prove CBR. Tali prove consistono nel valutare la resistenza alla penetrazione del terreno che andrà a costituire il sottofondo della sovrastruttura stradale, dopo aver preparato i provini secondo una procedura standardizzata. Per il calcolo della pavimentazione stradale e così come previsto contrattualmente il modulo resiliente del sottofondo

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

deve essere maggiore di 50 MPa. Dalla prova CBR è possibile valutare il modulo resiliente mediante la relazione:

$$M_r = 10 \text{ CBR (MPa)}$$

In sede di campagna di indagini del progetto definitivo sono state eseguite numerose prove CBR che sono state ritenute necessarie anche per il successivo livello di progettazione.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle prove CBR eseguiti durante la campagna di indagine del progetto definitivo, particolarizzate per lo stralcio in oggetto.

Campione	Indice CBR (%)	Modulo resiliente (MPa)
C11	11	110
C12	23	230


Tabella 13: Indici CBR e moduli resilienti

Dalle risultanze delle indagini di laboratorio si evince che in nessun caso l'indice CBR risulta inferiore al 5% e di conseguenza il modulo resiliente del sottofondo risulta sempre maggiore di 50 MPa.

9.2 DETERMINAZIONE DELLA COLTRE VEGETALE E REQUISITI DI PORTANZA DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI E DELLE TRINCEE

La determinazione della coltre vegetale si effettua valutando le risultanze dei pozzetti esplorativi e dei sondaggi eseguiti lungo lo stralcio in oggetto relativi alle campagne di indagine descritte nei relativi capitoli.

Una volta determinato lo spessore della coltre vegetale, si prescrive la rimozione dello stesso poiché le caratteristiche meccaniche del terreno vegetale non sono compatibili con quanto prescritto dal capitolato speciale di appalto, sia in termini di resistenza meccanica che in termini di caratteristiche elastiche. Per tale ragione in sostituzione viene inserito un materiale con caratteristiche da rilevato stradale e pertanto di adeguate caratteristiche meccaniche.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Suddividendo lo stralcio in tratte geotecnicamente omogenee, in funzione anche della litologia di base, si procede alla verifica dei cedimenti nel caso in cui non vengano ritenute idonee le caratteristiche di portanza del piano di posa dei rilevati e dei piani di posa della pavimentazione in trincea, di seguito riportate.

Le caratteristiche di portanza richieste per i piano di posa dei rilevati sono espressi in termini di modulo di deformazione; il modulo di deformazione M_d , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico deve risultare non inferiore a:

- 15 N/mm² nell'intervallo compreso tra 0,05÷0,15 N/mm² (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- 20 N/mm² nell'intervallo compreso tra 0,05÷0,15 N/mm², quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- 50 N/mm² nell'intervallo compreso tra 0,15÷0,25 N/mm², quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.00 e 1,00 m;


Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali, sia differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Per il calcolo dei cedimenti si rimanda agli elaborati specifici relativi alle verifiche geotecniche del corpo stradale e relative al dimensionamento dei manufatti (muri in terra rinforzata).

Nel caso in cui le verifiche dei cedimenti non fossero soddisfatte, si prevede una bonifica, che viene indicata caso per caso. Tale bonifica consiste nella sostituzione del terreno in sito di caratteristiche scadenti con materiale di adeguate caratteristiche.

9.3 INDICAZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLO SPESSORE DELLA COLTRE VEGETALE E AGLI STRATI DI ULTERIORE BONIFICA


All'interno del presente paragrafo si riportano le tabelle di progetto, distinte per tratti omogenei, indicanti lo spessore della coltre vegetale e l'eventuale bonifica.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Numero	Tratto				Piano di Posa del Rilevato		Trincea		
	Progr. In.	Progr. Fin.	L tratto [m]	Litologia	Sondaggio pozzetto di riferimento	Spessore complessivo della coltre vegetale [cm]	Ulteriore bonifica [cm]	Spessore complessivo della coltre vegetale [cm]	Ulteriore bonifica [cm]
ASSE PRINCIPALE									
1	8+076.00	8+220.00	144	MCA	S-PE-02	50	-	-	-
2	8+220.00	8+660.00	440	Sabbie	PZ-PE-02	105	-	-	-
3	8+660.00	8+975.00	315	MCA	S-PE-01	30	-	-	-
4	8+975.00	9+455.00	480	MCA	PZ-PE-03	55	-	-	-
5	9+455.00	10+400.00	945	MCA	PZ-PE-04	40	-	-	-
6	10+400.00	10+560.00	160	MCA	PZ-PE-05	56	74	56	74*
7	10+560.00	10+760.00	200	MCA	PZ-PE-06	100	Valutare asportazione ulteriore in funzione della posizione della pav. In particolare se il piano della pavimentazione si trova ad una distanza minore di 1 m dal piano di posa occorre bonificare fino alla profondità di 1 m dal piano della pavimentazione.	-	-
8	10+760.00	11+027.39	267	MCA	PZ-PE-07	55	Valutare asportazione ulteriore in funzione della posizione della pav. In particolare se il piano della pavimentazione si trova ad una distanza minore di 1 m dal piano di posa occorre bonificare fino alla profondità di 1 m dal piano della pavimentazione.	-	-

* Coltre vegetale sempre 56 cm. Fare ulteriore bonifica solo se il piano della pavimentazione si trova ad una profondità del p.c. minore di 130 cm e comunque fino alla quota di 130 cm

Tabella 14: Indicazioni progettuali piano di posa asse principale


 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Tratto						Piano di Posa del Rilevato		Trincea	
Numero	Progr. In.	Progr. Fin.	L tratto [m]	Litologia	Sondaggio pozzetto di riferimento	Spessore complessivo della coltre vegetale [cm]	Ulteriore bonifica [cm]	Spessore complessivo della coltre vegetale [cm]	Ulteriore bonifica [cm]
TRONCO 26 E TRONCO 27	-	-	-	MCA	S-PE-01	30	-	-	-
TRONCO 28	-	-	-	IN ADIACENZA ASSE PRINCIPALE		SEGUIRE INDICAZIONI ASSE PRINCIPALE		SEGUIRE INDICAZIONI ASSE PRINCIPALE	
ROTATORIA 2 E INNESTO SP82				MCA	PZ-PE-07	55	Valutare asportazione ulteriore in funzione della posizione della pav. In particolare se il piano della pavimentazione si trova ad una distanza minore di 1 m dal piano di posa occorre bonificare fino alla profondità di 1 m dal piano della pavimentazione.	-	-
TRONCO 29				MCA	SPD9	100	Valutare asportazione ulteriore in funzione della posizione della pav. In particolare se il piano della pavimentazione si trova ad una distanza minore di 1 m dal piano di posa occorre bonificare fino alla profondità di 1 m dal piano della pavimentazione.	-	-

Tabella 15: Indicazioni progettuali piano di posa viabilità secondarie

Come si evince dalle tabelle precedenti nella parte finale del tracciato potrebbe essere necessario prevedere un'ulteriore bonifica, poiché le risultanze della prova di carico su piastra del pozzetto PZ-PE-07 ha presentato un valore del modulo di deformazione pari a 21 MPa. In tali tratti nei casi in cui la pavimentazione si trova ad una distanza inferiore ad 1 metro occorre eseguire la bonifica.

Negli altri tratti, che poggiano sulle sabbie della formazione S (di caratteristiche meccaniche assimilabili a quelle dei rilevati e granulometricamente classificabili come A1-b e A2-4) e sulle calcareniti della formazione MCA, così come risultante dalla prova di carico su piastra del pozzetto PZ-PE-05 (modulo di deformazione pari a 135 MPa), i sedimi di fondazione risultano di

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

adeguate caratteristiche meccaniche, per cui si prescrive la sola asportazione della coltre vegetale.

10. IDONEITA' AL RIUTILIZZO DEI MATERIALI


Durante la campagna di indagine integrativa del progetto esecutivo, è stata valutata l'idoneità dei materiali al riutilizzo sia dal punto di vista geotecnico che dal punto di vista ambientale. Per quest'ultimo aspetto si rimanda alla specifica relazione.

Per ognuno dei pozzetti esplorativi eseguiti sono stati prelevati campioni rimaneggiati, prevalentemente al di sotto della coltre vegetale, sui quali sono stati effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche
- Limiti di Atterberg
- Determinazione del contenuto di carbonato di calcio
- Determinazione del contenuto di sostanza organica
- Determinazione del contenuto di solfati e solfuri
- Determinazione del contenuto di nitrati

Dall'interpretazione delle prove di laboratorio è stato possibile quindi valutare l'idoneità delle terre da scavo ai fini del reimpiego dal punto di vista geotecnico.

Le risultanze delle prove di laboratorio sono riportate nella tabella seguente:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Sondaggio / Pozzetto	Camp.	Prof. [m]	Descrizione da colonna stratigrafica	Descrizione da certificato	Classif. Granul.	Indice di plasticità	Contenuto di carbonato di calcio	Classificazione qualitativa in funzione di CaCo3	Contenuto di sostanza organica	Contenuto di solfati e solfuri	Contenuto di nitrati	Note
S-PE-01	CR1	7.7	Sabbia fina giallastra a tratti limosa	Argilla e limo	A4	9	45	Marna	0.98	0.15	0.95	Formazione di base
PZ-PE-02	CR2	2.5	Calcareni bianco giallastre	Ghiaia con sabbia, limosa	A1-b	NP	95	Calcare	0.48	0.09	0.62	Utilizzo tal quale
PZ-PE-03	CR2	2.5	Sabbie fini giallastre	Sabbia limosa, ghiaiosa	A2-4	NP	45	Marna	0.49	0.0177	0.62	Utilizzo tal quale
PZ-PE-04	CR2	2	Calcare bianco	Ghiaia con sabbia, limosa debolmente argillosa	A2-4	NP	52	Marna	2.97	0.17	1.38	Utilizzo tal quale
PZ-PE-05	CR2	2.5	Calcareni bianco giallastre	Ghiaia sabbiosa, limosa	A1-b	NP	90	Calcare debolmente marnoso	0.61	0.13	1.79	Utilizzo tal quale
PZ-PE-06	CR2	3	Calcareni bianco giallastre	Ghiaia con sabbia, limosa debolmente argillosa	A2-4	NP	68	Marna calcarea	1.43	0.094	0.48	Utilizzo tal quale
PZ-PE-07	CR2	2.5	Calcareni bianco giallastre	Ghiaia con sabbia, limosa	A1-a	NP	75	Marna calcarea	1.51	0.015	4.4	Utilizzo tal quale


Tabella 16: Risultanze prove di laboratorio e considerazioni sulle terre da scavo

Dalla tabella precedente si evince che i campioni superficiali, ossia quelli interessati dallo scavo delle fondazioni superficiali delle opere d'arte e dalla preparazione del piano di posa dei rilevati, tutte le terre al di sotto della coltre vegetale possono essere utilizzate tal quali senza trattamento specifico; in base alla granulometria e all'indice di plasticità infatti si riscontrano terre appartenenti ai gruppi A1-a, A1-b e A2-4, per le quali si prevede la messa in opera senza alcun trattamento specifico.

La coltre vegetale superiore, presente superficialmente nello stralcio in oggetto, non risulta idonea al riutilizzo per la costituzione del corpo del rilevato per le scadenti caratteristiche meccaniche. Tuttavia lo stesso terreno vegetale può essere utilizzato per il rinverdimento delle scarpate e per eventuali interventi di rimodellazione superficiale.

11. CONSIDERAZIONI SULL'AGGRESSIVITA' DEI CALCESTRUZZI

Nella campagna di indagine integrativa del progetto esecutivo sono state altresì eseguite specifiche prove chimiche sui terreni e sulle acque per valutare le condizioni ambientali ai fini della determinazione della classe di aggressività dei calcestruzzi.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

In particolare sono stati prelevati campioni di terreno provenienti da S-PE-01, S-PE-02 e PZ-PE-06 e campioni di acqua proveniente dal piezometro S-PE-01.

Dal momento che, come riportato al capitolo 7, la falda idrica non interagisce con le opere strutturali si trascurano le risultanze chimiche sul campione di acqua.

Le risultanze delle prove chimiche al fine della valutazione della classe di aggressività sono riportate nella tabella seguente.

Campione terreno	Origine		Contenuto ione solfato SO ₄ ²⁻	Acidità
		Unità di misura	mg/kg	ml/kg
TER-02	S-PE-02		1540	26.32
TER-01	S-PE-01		1357	27.78
TER-03	PZ-PE-06		1826	46.6
VALUTAZIONE			NON AGGRESSIVO	NON AGGRESSIVO


Tabella 17: Risultanze prove chimiche sui terreni per aggressività calcestruzzi

Dal momento che il contenuto dello ione solfato SO₄²⁻ risulta sempre inferiore a 2000 mg/kg e in contenuto di acidità risulta sempre inferiore a 200 ml/kg si può concludere che i terreni risultano non aggressivo.

12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La campagna di indagini condotta dall'Amministrazione provinciale consta di n. 6 prove sismiche in foro tipo Down Hole condotte mediante preparazione dei fori di sondaggio S1, S2, S6, S9, S11 ed S12 durante la campagna di indagini del progetto preliminare e di n. 5 prove sismiche dello stesso tipo nei fori di sondaggio SPD1, SPD2, SPD5, SPD7, SPD8 durante la campagna di indagini del progetto definitivo.

Nella campagna di indagine integrativa del progetto esecutivo è stata eseguita una prova Masw. I risultati di quest'ultima prova hanno confermato la classificazione precedentemente eseguita. Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle prove Down Hole e della prova Masw divise per campagne di indagine differenti, relative allo stralcio in oggetto.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Prova	Prof.	Spessore	Vp	Vs	Vs30
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
DH-S9	0.0÷4.3	4.3	420	162	
	4.3÷12.6	8.3	1510	776	
	12.6÷17.3	4.7	2049	1124	
	17.3÷30.0	12.7	1470	836	530

Tabella 18: Risultati prove down-hole Progetto Preliminare


Prova	Prof.	Spessore	Vp	Vs	Vs30
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
DH-SPD7	0.0÷2.1	2.1	394	205	
	2.1÷11.0	8.9	779	358	
	11.0÷20.4	9.4	1452	602	
	20.4÷21.8	1.4	997	370	
	21.8÷30.0	8.2	1464	527	428
DH-SPD8	0.0÷1.9	1.9	350	222	
	1.9÷4.3	2.4	623	412	
	4.3÷13.1	8.8	819	341	
	13.1÷22.4	9.3	1654	691	
	22.4÷24.3	1.9	799	434	
	24.3÷30.0	5.7	2206	875	466

Tabella 19: Risultati prove down-hole Progetto Definitivo

Prova	Prof.	Spessore	Vp	Vs	Vs30
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
MW-PE-01	0.0÷2.0	2.0	820	394	
	2.0÷5.0	3.0	860	413	
	5.0÷8.0	3.0	993	477	
	8.0÷12.0	4.0	1024	492	
	12.0÷16.0	4.0	1068	513	
	16.0÷26.0	10.0	1178	566	
	26.0÷32.0	6.0	1257	604	509

Tabella 20: Risultati prova Masw Progetto Esecutivo

Come si evince dalle risultanze sismiche, le velocità delle onde di taglio Vs30 riscontrate si attestano sempre tra i 360 m/s e 800 m/s.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

In definitiva si può che la risposta sismica locale è assoggettabile ad un suolo di tipo B.

Per maggiori dettagli e approfondimenti si rimanda ai specifici elaborati.


13. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

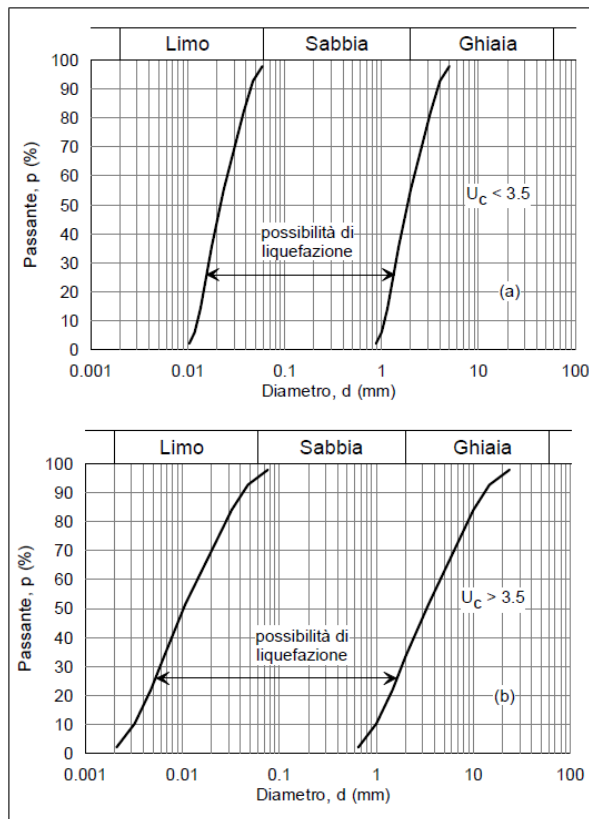
La liquefazione è quel fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Tale fenomeno è particolarmente pericoloso per le opere d'arte in quanto la perdita di capacità portante avviene in maniera repentina, portando al collasso geotecnico delle fondazioni. Pertanto nel presente paragrafo si esamina l'eventualità di tale fenomeno per le opere in progetto.

Nel D.M. 14.01.2008 al §7.11.3.4.2 vengono elencati cinque criteri di riferimento per l'esclusione della verifica alla liquefazione. Essi sono:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente nel caso, rispettivamente, di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$, come riportato nella figura seguente.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione geotecnica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--



Dalla relazione geologica del progetto definitivo, così come riportato nella relazione sismica del progetto esecutivo, l'intensità sismica registrata nei pressi del tracciato stradale espressa in termini di magnitudo M risulta compresa tra 4.9 e 5.4.

Le accelerazioni massime attese risultano pari a 0.317 g.

I terreni dello stralcio in oggetto sono prevalentemente divisibili in due zone; la prima a componente prevalentemente sabbiosa e la seconda a componente prevalentemente marnosa. Quest'ultima risulta quindi composta da terreni che non possono subire fenomeni di liquefazione, dal momento che risulta una frazione fine elevata e resistenze alla punta alla prova SPT molto elevate (N_{spt} pari a 58 ovvero tendenti a rifiuto).

La prima parte dello stralcio, composta prevalentemente da terreni sabbiosi, non risulta liquefacibile dal momento che la falda si trova a quota inferiore ai 15 metri dal piano campagna (22.90 m).

Alla luce di queste considerazioni si può concludere che le opere ricadenti nello stralcio di progetto non sono soggette a rischio di liquefazione del sedime di fondazione.