Regione Liguria
Provincia di Savona
COMUNE DI PIETRA LIGURE

Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive

S.U.A. STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO di approv. regionale L.24/87
D.P.R. 509/97
Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98
Conf. Servizi L. 241/90 s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

S.U.A. E N.T.C.

Proponente
Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.
Via Raineri 22, 95122 Messina

Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Progettisti
Ing. Michele Ministeri
Arch. Vittorio Grattarola
Arch. Paolo Bandini
Dott. Eugenio Piovano
ACQUATECNO
Ing. Paolo Turbolente
STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA
GEO.LAB
Geol. Alessandro Canavero e Geol. Sabrina Santini

Savona, Giugno 2012

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. SABRINA SANTINI
A.P. n. 338

INDICE

0. SOMMARIO 3
1. OGGETTO DELL'INCARICO 4
2. PREMESSE 4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
4. UBICAZIONE DEL SITO 5
5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO 6
6. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE. 7
7. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO OGGETTO DELL'INTERVENTO 10
7.1 Classificazione sismica della Regione Liguria. 10
7.2 Calcolo dei parametri sismici. 10
8. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONI DEI RELATIVI STATI LIMITE E APPROCCI DI PROGETTO 12
8.1 Aspetti generali e teorici. 12
8.1.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU). 13
8.1.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE). 14
9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA. 15
9.1 Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce, definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei valori medi dei parametri geotecnici. 15
9.1.1 Modello del sottosuolo. 15
9.1.2 Caratteristiche geotecniche medie dei terreni e geomeccaniche medie delle rocce. 15
10. VERIFICHE SULLA STABILITÁ DEL SITO. 17
10.1 Liquefazione dei terreni. 17
10.1.1 - Criteri di previsione e metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione 18
10.1.2 – Normativa di riferimento 18
10.1.3 – Caratteristiche sito-specifiche 19
10.1.4 – Analisi della suscettibilità alla liquefazione. 20
11. INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI OPERE GEOTECNICHE. 21
12. APPROFONDIMENTI DI INDAGINE PROPEDEUTICI ALLO SVILUPPO DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA 23
13. MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA E POST OPERAM. 23

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it.it

0. SOMMARIO

Nel periodo ottobre - novembre 2010 – aprile 2011 e aprile-maggio 2012 la Società proponente, Rodriquez Cantieri Navali S.p.A. di Messina, ha condotto un programma organico di indagini ed attività conoscitive del sottosuolo dell'area interessata dal "Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive", finalizzate ad integrare le conoscenze già acquisite nel giugno 2007 in fase di redazione della Indagine Ambientale svolta per l'individuazione di eventuali fonti di inquinamento.

L'area su cui insiste il progetto interessa il litorale di Pietra Ligure dall'attuale portineria dei Cantieri fino alla prossimità della foce del Rio Ranzi per un tratto di circa 500 metri e tutta l'area attualmente occupata dal cantiere di circa 46.000 metri quadrati.

Lo studio è stato preceduto da una prima fase di programmazione per la definizione di un piano delle attività, sulla base delle indicazioni normative per l'esecuzione del progetto preliminare/definitivo con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009. In tale ambito è stata integrata la campagna di indagine già sviluppata nel giugno 2007 (riprodotta nel report delle indagini) con nuove verticali di carotaggio, prospezioni sismiche e prove penetrometriche; quindi sono state eseguite le attività di campo preliminari e le successive fasi di campionamento, analisi di laboratorio ed elaborazione dati.

In sintesi nell'ambito della progettazione preliminare/definitiva, per quanto riguarda gli aspetti geologici, sono state eseguite le seguenti attività i cui risultati sono contenuti all'interno dell'apposita relazione geologica relativa al progetto preliminare definitivo ed alla quale si fa totale riferimento:

In sintesi nell'ambito della progettazione preliminare del 2010, per quanto riguarda gli aspetti geologici, sono state eseguite le seguenti attività:

- n° 4 sondaggi meccanici, per un totale di 100 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 40 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 30 prove di resistenza meccanica S.P.T. di cui n° 3 a punta chiusa;
- n° 1 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH di cui 3 attrezzate a piezometro;
- n° 5 stendimenti sismici per metodo MASW;
- n° 7 rilievi sismici passivi di tipo HVSR;
- n° 2 stendimenti con metodo geoelettrico;
- n° 3 campagne di misure del livello della falda;
- n° 37 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione:
- n° 5 prelievi "in mare" di fondale marino tramite carotiere, utilizzati per verificare le stratigrafie sviluppate per mezzo dei sondaggi a terra;

integrate nel 2012 con:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 019205142O – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it.it

- n° 6 sondaggi meccanici, per un totale di 99,30 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 26 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 2 campioni indisturbati;
- n° 27 prove di resistenza meccanica S.P.T.;
- n° 2 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 2 campagne di misure del livello della falda;
- n° 26 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione:
- prove geotecniche di laboratorio effettuate presso il D.I.C.A.T. dell'Università di Genova su campioni indisturbati.

Durante l'esecuzione della prima campagna di indagini è stata riscontrata la difficoltà di eseguire prove di permeabilità in foro a causa delle problematiche legate alla formazione della tasca di deflusso; tali problematiche sono state in parte superate realizzando una prova di riferimento in situ a carico costante con altezza della tasca nulla. Nella seconda campagna di indagine, invece, il sondatore è riuscito a sviluppare due prove Lefranc a carico costante su due sondaggi.

Dalle indagini è emerso che:

- l'areale è interessato prevalentemente dalla presenza di sedimenti alluvionali e marini;
- la successione di strati presenta variabilità verticale ed omogeneità laterale;
- il tipo di acquifero risulta da normale a povero con classe di permeabilità da bassa a media.

1. OGGETTO DELL'INCARICO

La presente indagine geotecnica integrativa è stata sviluppata anche in base alle richieste integrative contenute entro le Delibere di Giunta Regionale della Liguria n° 940 del 29.07.2011 e n° 975 del 05.08.2011 relative al progetto di trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive.

2. PREMESSE

La presente relazione è stata sviluppata per il progetto riportato in epigrafe inerente la realizzazione delle opere edilizie e sistemazioni esterne anche al fine di rispondere alle richieste formulate nelle summenzionate DGR ove erano prescritti approfondimenti geotecnici ed idrogeologici. In considerazione dell'articolato progetto e dei risultati delle diverse campagne di indagine, per il presente elaborato le indagini precedenti sono state completate con prove in situ dirette e di laboratorio geotecnico presso il DICAT dell'Università di Genova.

La presente indagine fa riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare esplicativa n° 617 datata 2 febbraio 2009 del C.S.LL.PP.

Ai sensi dell'OPCM 3519/06 e della DGR 471/2010 della Regione Liguria, il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in Zona Sismica 3.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it.it

Alla luce degli elementi emersi nel corso delle indagini si ritiene di poter esporre quanto segue.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ***Norme Tecniche per le costruzioni 2008*** – Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- ***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*** – Istruzioni per l'applicazione delle "*Norme tecniche per le costruzioni*" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – Circolare n° 617 del 2 febbraio 2009.
- ***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*** – Pericolosità sismica e Criteri Generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27 luglio 2007.
- ***Regione Liguria (2008)*** - D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 - O.P.C.M. 3519/2006 Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- ***Regione Liguria (2010)*** - D.G.R. n. 471 del 22/03/2010 "Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale".
- ***Regione Liguria (2010)*** - D.G.R. n. 1362 del 19/11/2010 "Norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".
- ***Eurocodice 8 (1998)*** – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- ***Eurocodice 7.1 (1997)*** – Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali.
- ***Eurocodice 7.2 (2002)*** – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).
- ***Eurocodice 7.3 (2002)*** – Progettazione geotecnica – Parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002).

4. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito è ubicato nel cuore del tessuto urbano del Comune di Pietra Ligure (SV) pochi metri sul livello del mare, e risulta facilmente raggiungibile percorrendo la litoranea Via Don Giovanni Bado da Levante e la Via XXV Aprile da Ponente, fino al passaggio a livello ferroviario oltre il quale inizia la Via Don Giovanni Bado.

L'area sottesa dal Cantiere Navale Rodriquez si estende circa dalla sponda sinistra del Rio Ranzi all'inizio della Passeggiata a Mare (Via Don Giovanni Bado) per un'estensione di circa 46.000 mq con un fronte mare di oltre 500 mt.

L'ubicazione del sito è riportata cartograficamente in allegato presso le seguenti coordinate, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

Latitudine:	ϕ_{ED50}	44,147052 (°)
Longitudine:	λ_{ED50}	8,280777 (°)

e coordinate WGS84:

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	44,146077 (°)
Longitudine:	λ_{WGS84}	8,279722 (°)

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it.it

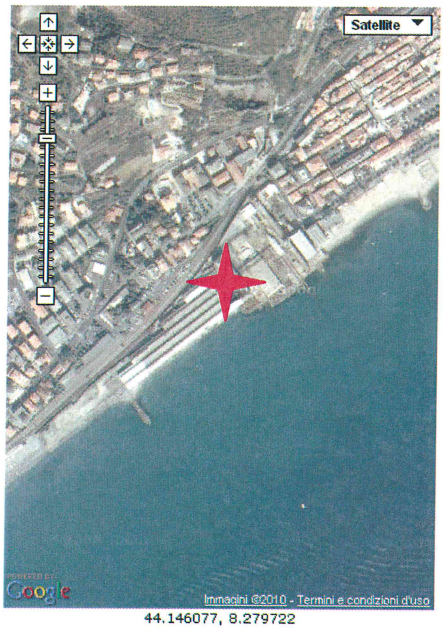


Figura 4.1: Ubicazione del sito: coordinate WGS84

5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

L'intervento proposto consta nella trasformazione urbanistica e produttiva dei Cantieri Navali Rodriquez a Pietra Ligure, con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e portuali diportistiche. L'obiettivo dell'intervento è la trasformazione dell'area e di parte delle strutture esistenti in funzione della riorganizzazione delle attività cantieristiche insediate, della riqualificazione territoriale del sito, della sua integrazione con il tessuto urbano circostante, della realizzazione di un nuovo porticciolo turistico e dello sviluppo delle vocazioni turistiche e ricettive emergenti nell'ambito del Comune di Pietra Ligure.

In particolare verranno realizzati i seguenti interventi:

- la costruzione di un nuovo fabbricato per il Cantiere Nautico, adeguato alle nuove esigenze di riconversione produttiva (cfr. Piano Industriale), di un adeguato piazzale di servizio alle attività e la realizzazione di uno specchio acqueo di servizio alla destinazione cantieristica pari a circa 20.500 mq.;
- la realizzazione di un porticciolo turistico per circa 100 posti barca di diversa lunghezza e di una darsena intesa come nuova polarità in prosecuzione dell'attuale passeggiata a mare di Pietra Ligure (Sup. tot. specchio acqueo destinato ad attività non cantieristiche pari a mq. 33.200 ca.), destinata alla nautica da diporto e perimetrata da nuovi volumi a destinazione mista (residenza, albergo, ristoranti, pubblici esercizi, attività commerciali, connettivo urbano) e dall'attuale fabbricato uffici, recuperato con destinazione commerciale a piano terreno e residenziale per i restanti piani;
- il riuso a servizi pubblici e a funzioni collettive dell'attuale fabbricato che ospita la mensa all'apice dell'attuale passeggiata a mare di Pietra Ligure;
- la realizzazione di una zona prevalentemente residenziale nell'area degli attuali capannoni officine;
- la realizzazione di ampie dotazioni di verde pubblico, di parcheggi pubblici e privati, e di percorsi e aree pedonali riconnessi e ricuciti con l'intorno urbano.

Il progetto prevede la conservazione degli edifici esistenti di pregio, la palazzina uffici e l'edificio mensa, e la demolizione delle parti di più evidente incompatibilità percettiva, la realizzazione di nuovi edifici, omogenei per altezza all'intorno urbano, la realizzazione di una

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 019805142O – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

grande piazza urbana e di un'altra di dimensioni più contenute tra il fabbricato ex-uffici e le residenze, la predisposizione di ampie porzioni territoriali destinate al verde, alla pedonalità, allo sport e alla viabilità.

L'intervento si completerà con aree scoperte pubbliche o private ad uso pubblico e collettivo, verde, passeggiata a mare, piazze, parcheggi e viabilità, per oltre mq. 35.000, pari a oltre il 75% dell'area attualmente occupata dal Cantiere, che verranno allestite, piantumate, pavimentate ed arredate in conformità alle indicazioni della Civica Amministrazione.

In ultimo, in previsione di una eventuale dismissione della vicina ferrovia al seguito del futuro spostamento a monte della linea Genova-Ventimiglia, il Progetto ha tenuto conto delle ipotesi di ricucitura dell'area con i tessuti urbani al contorno da attuarsi attraverso l'attuale sedime ferroviario.

In relazione allo schema di progetto sopra descritto, di seguito si propone in forma tabellare l'elenco delle strutture e delle opere di intervento che si prevede dovranno attuarsi durante la messa in opera del progetto stesso o che comunque dovranno essere predisposte ed attuate a corredo delle fasi esecutive. Questo schematismo permette di verificare speditamente quali siano le necessarie indagini ed analisi (modellazione geotecnica del sito) atte a soddisfare i criteri previsti dal capitolo 6 delle NTC, le quali saranno esplicate nella relazione geotecnica.

ELENCO GENERALE DELLA TIPOLOGIA DELLE OPERE	RIFERIMENTI ALLA CIRC. CSLP DEL 02/02/09 N° 617 NTC	OPERE PREVISTE A PROGETTO
STABILITÁ DEI PENDII NATURALI	C 6.3	☐
OPERE DI FONDAZIONE	C 6.4	
a) FONDAZIONI SUPERFICIALI	C 6.4.2	☑
b) FONDAZIONI SU PALI	C 6.4.3	☑
OPERE DI SOSTEGNO	C 6.5	☑
TIRANTI DI ANCORAGGIO	C 6.6	☑
OPERE IN SOTTERRANEO	C 6.7	☑
OPERE IN MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	C 6.8	☑
DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI	C 6.11	☑
FATTIBILITÁ DI OPERE SU GRANDI AREE	C 6.12	☐

Nei paragrafi seguenti saranno analizzate le tematiche sopra elencate, proponendo le soluzioni progettuali ritenute maggiormente appropriate.

6. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE.

L'intervento ricade in una zona scarsamente documentata in bibliografia e pertanto la caratterizzazione e la modellizzazione geotecnica relativa al progetto è stata basata sui risultati forniti dalla campagna geognostica condotta specificatamente per l'intervento in esame.

In particolare, nel sito oggetto di intervento sono state effettuate le seguenti indagini ampiamente descritte entro il report delle indagini per le opere a terra e commentate nella relazione geologica delle opere a terra/SUA facenti parte integrante del progetto definitivo ed a cui integralmente si rimanda:

- n° 10 sondaggi meccanici, per un totale di 199,3 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 66 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 57 prove di resistenza meccanica S.P.T. di cui n° 3 a punta chiusa;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805142O - P. IVA: 01148260092 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

- n° 5 prove di permeabilità "Lefranc";
- n° 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH di cui 3 attrezzate a piezometro;
- n° 5 stendimenti sismici per metodo MASW;
- n° 7 rilievi sismici passivi di tipo HVSR;
- n° 2 stendimenti con metodo geoelettrico;
- n° 5 campagne di misure del livello della falda;
- n° 37 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- n° 2 campioni indisturbati per mezzo di fustella Shelby;
- n° 1 set di accertamenti geotecnici di laboratorio condotti presso il Laboratorio DICAT dell'università degli studi di Genova (GE)
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione.

In particolare i sondaggi stratigrafici eseguiti onsite ed offsite hanno permesso di determinare le seguenti successioni stratigrafiche:

Sondaggio A:

0,00 - - 7,50 m strati di sabbie e ghiaie e sabbie medio/fini sormontate da 1 metro di cls;
-7,50 - -12,30 m strati di sabbie medio fini e sabbie con ciottoli;
-12,30 - - 13,00 m strato di trovanti quarzosi e/o sabbie cementate;
-13,00 - -16,50 m strato di sabbie medio fini;
-16,50 - -23,70 successioni di sabbie con clasti;
-23,70 - -25,00 m sabbia argillosa.

Sondaggio B:

0,00 - - 2,00 m strato costituito da sabbia ghiaiosa;
-2,00 - - 6,00 m strati di sabbie ghiaiose e medio fini con ciottoli;
-6,00 - - 8,00 m strato di sabbia debolmente ghiaiosa;
-8,00 - -16,40 m strati di sabbie fini e sabbie;
-16,40 - -18,00 strato di argilla debolmente sabbiosa inglobante clasti;
-18,00 - -25,00 m sabbie ghiaiose, interstrati cementati e sabbie medie.

Sondaggio C:

0,00 - - 6,00 m strati costituiti da sabbia ghiaiosa, ghiaia grossolana e sabbie fini;
-6,00 - -13,30 m successioni di sabbie fini e medio fini;
-13,30 - -15,20 m strati di sabbia grossolana e con ciottoli;
-15,20 - -18,00 m strato di sabbie con ciottoli di quarzite;
-18,00 - -25,00 m successioni di sabbia con ciottoli e sabbie argillose con eventuali clasti.

Sondaggio D:

0,00 – - 0,50 m di cemento e riporto antropico;
-0,50 – - 5,00 m strati di sabbie ghiaiose;
-5,00 – - 7,50 m strati di sabbie fini;
-7,50 – -10,00 m sabbia medio fine;
-10,00 – -12,70 m strato di sabbie finissime;
-12,70 – -13,00 sabbia grossolana con ciottoli;
-13,00 – -16,50 sabbia;
-16,50 – -17,00 sabbia quarzosa grossolana;
-17,00 – -17,50 sabbia quarzosa grossolana con ciottoli;
-17,50 – -18,00 verrucano;
-18,00– -25,00 m sabbie argillose anche grossolane con clasti di quarzo inglobati molto alterati e resti organici.

Sondaggio E:

0,00 - - 2,40 m cls fratturato facente parte dello scivolo a mare sormontato da 1,5 metri di riporti antropici;
2,40 - - 7,40 m intervalli di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose di colore bruno;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805142 - P. IVA: 01148960092 - e-mail: geolab@libero.it

-7,40 - -12,00 m strati di sabbie medio fini con ciottoli e sabbie fini e finissime di colore grigio;
-12,00 - - 13,00 m sabbia grossolana tendente a ghiaia con clasti di quarzo;
-13,00 - - 14,60 m trovanti quarzosi ;
-14,60 - -22.00 m strato di sabbie ghiaiose intervallate a ghiaia grossolana;
-22,00 - -25,00 m sabbia argillosa.

Sondaggio F:

0,00 - - 7,30 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose e sabbie medio/fini sormontate da 0.60 metri cls/riporti;
-7,30 - -10,50 m strati di sabbie fini e finissime grigie con ciottoli;
-10,50 - - 15,00 m strati di sabbie ghiaiose con ciottoli arrotondati di calcare e quarzo.

Sondaggio G:

0,00 - - 7,25 m strati costituiti da sabbia ghiaiosa, ghiaia grossolana e sabbie fini di colore marrone;
-7,25 - -12,30 m successioni di sabbie fini e medio fini di colore grigio con resti vegetali;
-12,30 - -14.30 m strati di sabbia grossolana e ghiaia sabbiosa con ciottoli;
-14,30 - -15,00 m argilla rossa debolmente sabbiosa inglobante clasti di quarzite.

Sondaggio H:

0,00 – - 3,00 m di cemento e riporto antropico;
-3,00 – - 7,50 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose di colore bruno;
-5,00 – - 7,50 m strati di sabbie fini;
-7,50 – -13,50 m sabbia molto fine di colore grigio azzurro contenente clasti isolati calcarei e resti di lamelibranchi;
-13,50 – -15,60 m strato di ghiaie sabbiose;
-15,60 – -16,60 argilla sabbiosa di colore rossastro;
-16,60 – -20,00 sabbia ghiaiosa contenente trovanti quarzosi di dimensioni pluridecimetriche;
-20,00 – -25,00 sabbie argillose di colore bruno chiaro.

Sondaggio I:

0,00 - - 0,35 m pavimentazione in autobloccanti;
-0,35 - - 8,00 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con ciottoli appiattiti, è stata rilevata la locale presenza di intervalli cementati riconducibili a beachrock;
-8,00 - - 10,00 m strati di sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa.

Sondaggio L:

0,00 - - 0,15 m pavimentazione bituminosa;
-0,15 - - 3,00 m riporti misti a sabbia ghiaiosa ;
- 3,00 - - 9,30 m sabbie ghiaiose grigio brune.

Il modello geologico ricostruito in base alla summenzionata, articolata, campagna di indagini e del quale segue estratto della relazione geologica è il seguente:

"substrato costituito da successioni sedimentarie di tipo sabbioso, sabbioso-ghiaiose con locali interstrati di sedimenti fini e, puntualmente, finissimi, per spessori sempre superiori a 20,00 metri. Il materasso alluvionale presenta caratteristiche di spiccata omogeneità laterale sebbene siano presenti localizzate lenti più fini".

Acquisita la ricostruzione geologica e stratigrafica locale è stato possibile delineare la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 0182051420 - P. IVA: 01148260092 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

7. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO OGGETTO DELL'INTERVENTO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al sito di costruzione. Si rimanda alla relazione geologica per l'inquadramento sismotettonico dell'area.

7.1 Classificazione sismica della Regione Liguria.

L'area ricade nel Comune di Pietra Ligure ed ai sensi della DGR 471/2010 risulta inserita nella Zona Sismica 3.

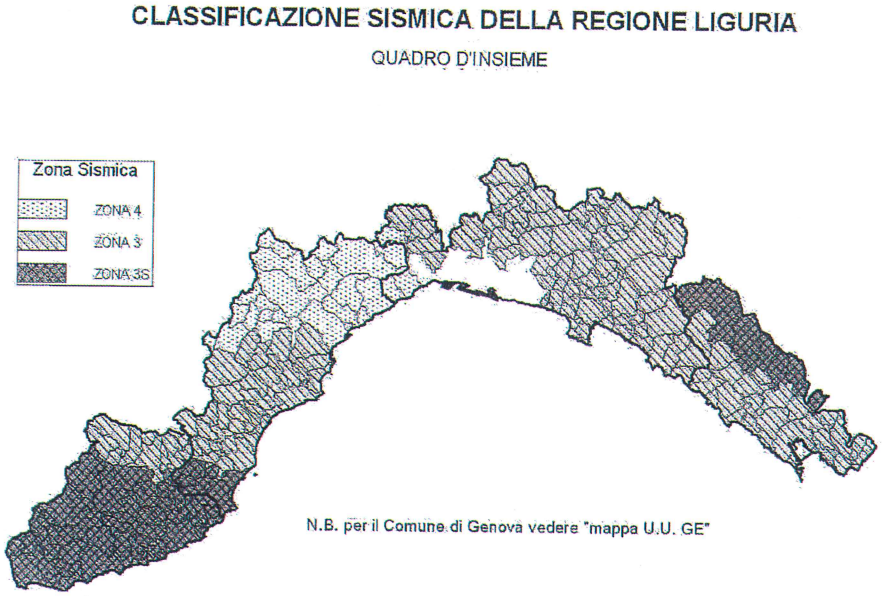


Figura 7.1.1: classificazione sismica della Regione Liguria

7.2 Calcolo dei parametri sismici.

Il calcolo dei parametri simici è evidenziato nella relazione geologica e sismica allegata alla presente, dalla quale possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **a_g, F_0 e TxC** nonché i valori dei coefficienti **kh, kv, a_{max}** e **Beta** per l'area di sedime.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii/ fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0182051420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,008	0,004	0,411	0,200
SLD	1,500	1,740	1,000	0,011	0,006	0,546	0,200
SLV	1,500	1,570	1,000	0,041	0,020	1,667	0,240
SLC	1,470	1,550	1,000	0,054	0,027	2,217	0,240

Tipo di elaborazione: opere di sostegno.

Sito in esame.
latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,008	0,004	0,411	0,180
SLD	1,500	1,740	1,000	0,010	0,005	0,546	0,180
SLV	1,500	1,570	1,000	0,041	0,020	1,667	0,240
SLC	1,470	1,550	1,000	0,054	0,027	2,217	0,240

Tipo di elaborazione: opere di sostegno – muro rigido.

Sito in esame.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 0182051420 - P. IVA: 01148260092 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,042	0,021	0,411	1,000
SLD	1,500	1,740	1,000	0,056	0,028	0,546	1,000
SLV	1,500	1,570	1,000	0,170	0,085	1,667	1,000
SLC	1,470	1,550	1,000	0,226	0,113	2,217	1,000

8. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONI DEI RELATIVI STATI LIMITE E APPROCCI DI PROGETTO

8.1 Aspetti generali e teorici.

La progettazione geotecnica, ai sensi del paragrafo 6.2.3 delle NTC, si basa sul metodo degli stati limite e sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo degli stati limite, ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), i coefficienti parziali sono applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali ed alle resistenze.

Nei confronti delle azioni, gli stati limite sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Gli Stati Limite sono definiti in generale:

- *SLU: Stato Limite Ultimo* → il superamento di uno stato limite ultimo ha caratteri irreversibili e si definisce collasso;
- *SLE: Stato Limite di Esercizio* → il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

In condizioni simiche gli stati limite di cui sopra si suddividono ulteriormente come di seguito indicato:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805140 - P.IVA 01148960090

SLU Stato Limite Ultimo dinamico → SLV, SLC
SLE Stato Limite di Esercizio dinamico → SLO, SLD

Dove:

Stato Limite di Operatività (SLO):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significative;

Stato Limite di Danno (SLD):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):

a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

8.1.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU).

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (terreno)

La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti:

- per le azioni: (A1 e A2);
- per i parametri geotecnici: (M1 e M2)
- per le resistenze: (R1, R2 e R3)

si considerano cinque stati limite ultimi che, mantenendo la denominazione abbreviata degli euro codici, sono così identificati:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805140 - P.IVA 01142060090 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

- **EQU** – perdita di equilibrio della struttura del terreno e dell'insieme terreno struttura, considerati come corpi rigidi;
- **STR** – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;
- **GEO** – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno struttura;
- **UPL** – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);
- **HYD** – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Gli stati limite **STR** e **GEO** sono gli unici che prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente.

Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, sono utilizzati due tipi di approcci, l'**Approccio 1** o l'**Approccio 2**.

Approccio 1:

- *Combinazione 1: (A1+M1+R1)*
- *Combinazione 2: (A2+M2+R2)*

Nell'ambito dell'Approccio 1, la Combinazione 1 è generalmente dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale (**STR**), mentre la Combinazione 2 risulta in genere dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (**GEO**).

Approccio 2:

- *Combinazione: (A1+M1+R3).*

Nelle verifiche esecutive dovranno essere specificati, per ogni singola tipologia di opere e sistema geotecnico utilizzato nella realizzazione del progetto in esame, le relative combinazioni dei coefficienti parziali che possono essere scelte dal calcolatore progettista o imposte dalla normativa a seconda del tipo di opera.

8.1.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

Per ogni stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

Dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
Cd = valore limite dell'effetto delle azioni, quest'ultimo stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione

Per le opere ed i sistemi geotecnici, gli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici di spostamenti e rotazioni, assoluti e/o relativi, distorsioni che possano compromettere la funzionalità dell'opera. In fase esecutiva sarà quindi necessario valutare, utilizzando i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze dei materiali, gli spostamenti e le rotazioni delle opere, nonché il loro andamento nel tempo.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805140 - P. IVA 01148040099

9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.

9.1 Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce, definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei valori medi dei parametri geotecnici[1].

9.1.1 Modello del sottosuolo.

In base ai risultati delle prove geotecniche e geofisiche eseguite e del rilievo effettuato nei dintorni del sito, il terreno di sedime può essere caratterizzato come segue, dall'alto verso il basso

- **Terreno vegetale/Riporti antropici** da 0.0 a -1.0 m dal p.c
- **Sabbie ghiaiose I** da - 1.0 a -3.0 m dal p.c.
- **Ghiaie sabbiose** da -3.0 a -5.0 m dal p.c.
- **Sabbie medio fini/ fini** da -5.0 a -12.0 m dal p.c.
- **Sabbie** da -12.0 a -17.0 m dal p.c.
- **Sabbie ghiaiose II** da -17.0 a -23.0 m dal p.c.
- **Sabbie ghiaiose/ciottolose** da -23.0 a -30.0 dal p.c.
- **Bedrock I** da – 30.0 a -41.0 m dal p.c.
- **Bedrock II** da – 41.0 a -51.0 m dal p.c.
- **Bedrock III** da – 51.0 dal p.c.

La caratterizzazione dei terreni in relazione alla stratigrafia è riportata di seguito.

9.1.2 Caratteristiche geotecniche medie dei terreni e geomeccaniche medie delle rocce.

Riporti antropici.

Tale strato avente potenza metrica è caratterizzato da platee di cemento e pavimentazioni e solo localmente, presso il muro di separazione dalla sede ferroviaria, da terreno vegetale. In considerazione della particolari condizioni di elevata antropizzazione tale "strato" non è stato caratterizzato dal punto di vista geotecnico in quanti verrà palesemente asportato in fase esecutiva.

Sabbie ghiaiose I tra 1 e 3 metri dal p.c..

Tale strato è costituito da sabbie ghiaiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici medi.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	**γ**	KN/m^3	19
Angolo di attrito interno medio	**ø**	°	30
Angolo di attrito interno medio a volume costante[2]	**$ø_{cv}$**	°	25
Coesione efficace media	**c'**	KPa	0
Densità relativa media	**Dr**	%	75
Coefficiente di Poisson medio	**μ**	---	0.49
Modulo edometrico medio	**Ed**	MPa	15
Modulo Young medio	**Es**	MPa	30
Velocità delle onde S media	**Vs**	m/sec	175

Ghiaie sabbiose tra 3 e 5 m dal p.c..

1 I parametri caratteristici necessari alle verifiche agli SLU e SLE dovranno essere determinati dal progettista geotecnico nel corso della relazione esecutiva ed ivi essere utilizzati.

2 ϕ_{cv}=42-17R con R variabile tra 0,5 e 1 (Santamarina and Cho, 2004)

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805142 - P. IVA: 01148260092 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

Tale strato è costituito da ghiaie sabbiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	19
Angolo di attrito interno medio	ø	°	33
Angolo di attrito interno medio a volume costante[3]	øcv	°	26
Coesione efficace media	c'	KPa	0
Densità relativa media	Dr	%	85
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.49
Modulo edometrico medio	Ed	MPa	30
Modulo Young medio	Es	MPa	45
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	175

Sabbie medio fini/fini tra 5 e 12 m dal p.c..

Tale strato è costituito da sabbie medio fini e fini per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	19
Densità delle particelle solide media	D	Kg/m³	2475
Contenuto d'acqua		%	22.85
Limite liquido	LL	%	30
Limite plastico	PL	%	Non plastico
Indice plastico		%	Non plastico
Angolo di attrito interno massimo	ø	°	47
Angolo di attrito interno medio	ø	°	30
Angolo di attrito interno medio a volume costante[4]	øcv	°	25
Coesione massima	c	KPa	3.4
Coesione efficace media	c'	KPa	0
Densità relativa media	Dr	%	45
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.49
Modulo edometrico medio	Ed	MPa	14
Modulo Young medio	Es	MPa	28
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	250

Sabbie tra 12 e 17 m dal p.c..

Tale strato è costituito da sabbie per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	19
Angolo di attrito interno medio	ø	°	31
Angolo di attrito interno medio a volume costante[5]	øcv	°	25
Coesione efficace media	c'	KPa	0
Densità relativa media	Dr	%	60
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.49
Modulo edometrico medio	Ed	MPa	30
Modulo Young medio	Es	MPa	45
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	350

Sabbie ghiaiose II tra 17 e 23 m dal p.c..

Tale strato è costituito da sabbie ghiaiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

[3] ϕ_{cv}=42-17R con R variabile tra 0,5 e 1 (Santamarina and Cho, 2004)
[4] ϕ_{cv}=42-17R con R variabile tra 0,5 e 1 (Santamarina and Cho, 2004)

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	19
Angolo di attrito interno medio	ø	°	31
Angolo di attrito interno medio a volume costante[6]	$ø_{cv}$	°	25
Coesione efficace media	c'	KPa	0
Densità relativa media	Dr	%	60
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.45
Modulo edometrico medio	Ed	MPa	30
Modulo Young medio	Es	MPa	45
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	550

Sabbie ghiaiose ciottolose tra 23 e 30 m dal p.c..

Tale strato è costituito da sabbie ghiaiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	21
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.40
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	650

Il substrato roccioso, individuato per mezzo della geofisica, è suddivisibile in tre orizzonti distinti e come di seguito descritti.

Bedrock I.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	22
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.35
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	850

Bedrock II.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	23
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.30
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	1200

Bedrock III.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori medi
Peso di volume naturale medio	γ	KN/m³	24
Coefficiente di Poisson medio	μ	---	0.25
Velocità delle onde S media	Vs	m/sec	2200

10. VERIFICHE SULLA STABILITÁ DEL SITO.

10.1 Liquefazione dei terreni.

Con il termine liquefazione s'intende la perdita totale di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la

[5] ϕ_{cv}=42-17R con R variabile tra 0,5 e 1 (Santamarina and Cho, 2004)
[6] ϕ_{cv}=42-17R con R variabile tra 0,5 e 1 (Santamarina and Cho, 2004)

pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero.

La liquefazione di un deposito può avvenire sia in condizioni statiche sia sotto sollecitazioni dinamiche cicliche o monotoniche secondo i seguenti meccanismi:

- Liquefazione per filtrazione
- Liquefazione per effetto di carichi monotonicamente crescenti
- Liquefazione per effetto di carichi ciclici.

10.1.1 - Criteri di previsione e metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione

Per una stima accurata della probabilità di liquefazione in un deposito sabbioso durante un evento sismico, occorrerebbe tenere conto di tutti i fattori che concorrono a creare le condizioni in cui il fenomeno può verificarsi. Dalle considerazioni esposte in precedenza si evince però l'impossibilità di inglobare in un unico modello tutti i parametri rappresentativi del fenomeno. Gli studi più recenti si sono sviluppati lungo due direttrici principali comprendenti l'osservazione delle caratteristiche sismiche, geologiche e geotecniche dei siti colpiti da terremoti distruttivi e/o l'analisi del comportamento dei terreni in prove cicliche di laboratorio in condizioni controllate.

Da ciò sono emersi così i primi criteri empirici di previsione, basati sulle caratteristiche granulometriche e sullo stato di addensamento, cui hanno fatto seguito criteri e metodi più raffinati e complessi capaci di tener conto di un numero di parametri sempre più elevato.

E' possibile raggruppare la grande molteplicità di metodi per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei depositi in quattro classi:

1. **Criteri empirici**: basati su parametri desunti da prove di identificazione o da misure della densità relativa ovvero da prove penetrometriche standard.
2. **Metodi semplificati**: si basano sul confronto fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; richiedono quindi la valutazione dei parametri sia relativi all'evento sismico sia al deposito.
3. **Metodi di analisi dinamica semplificata:** richiedono la determinazione, alle diverse quote, della storia delle sollecitazioni delle tensioni e deformazioni di taglio, conseguente ad un input sismico, definito da una storia di accelerazioni al bedrock.
4. **Metodi dinamici avanzati:** vengono condotte in genere in condizioni bidimensionali mediante l'impiego di codici di calcolo ad elementi finiti o alle differenze finite ed in alcuni casi prevedono la modellazione integrata del sistema terreno-fondazione-struttura.

10.1.2 – Normativa di riferimento

Al paragrafo 7.11.3.4.2 (Esclusione della verifica a liquefazione) delle N.T.C. - D.M. 14/01/2008 è riportato che sulla base di un'analisi preliminare della sismicità del sito nonchè delle caratteristiche geotecniche del deposito, è possibile ritenere bassa o nulla la probabilità che la liquefazione si verifichi e pertanto evitare tale tipo di accertamento.

Nel summenzionato paragrafo vengono riportate le circostanze per le quali la verifica a liquefazione può essere omessa e che sono le seguenti:

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) inferiori a 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 nel primo grafico sotto riportato, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e nel secondo, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

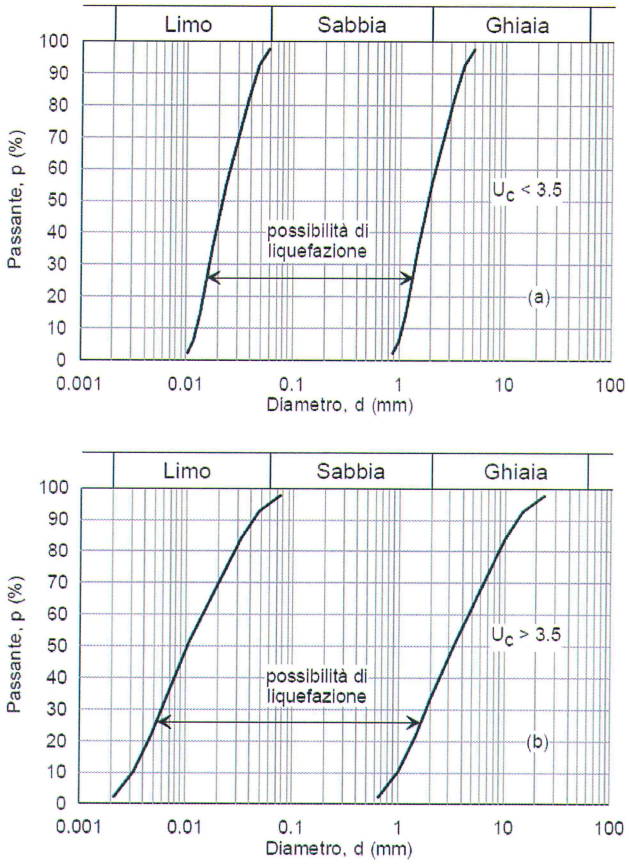


Figura 10.1.2.1: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (Figura 7.11.1 NTC)

In tale paragrafo viene inoltre riportato che quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

10.1.3 – Caratteristiche sito-specifiche

Il sito oggetto d'intervento appare interessato dalle seguenti caratteristiche sito specifiche[7]:

1. **Momento della magnitudo (Mw):** l'area non ricade tra le zone caratterizzate dalla zonazione sismogenetica ZS9 e pertanto, come da punto 2 del paragrafo 2.8.2 degli ICMS si sono determinate le minime distanze (Ri) dalle zone (i) circostanti e si è controllato, per ciascuna di esse, se la magnitudo Mi della zona era inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione Ms = 1+3log(Ri).

[7] Vedi paragrafi precedenti nonché specifiche analisi di rischio sismico e relazione geologica.

Zona limitrofa	Distanza da zona	Magnitudo zona (M_i)	$M_s = 1+3\log(R_i)$	Necessità verifica liquefazione
910	> 70 Km	6.14	> 6.14	NO
911	50 Km	6.37	6.10	SI

In base ai risultati sopra riportati ed in base a quanto enunciato al punto 2 del paragrafo 2.8.2 delle ICMS la magnitudo che dovrà essere applicata nel corso delle verifiche di liquefazione sarà 6,37. Tale magnitudo è molto vicina a quanto riscontrabile il database DBMI04 compilato da INGV (Stucchi et al., 2007), da cui sono stati estratti tutti i terremoti noti che hanno interessato l'area d'interesse. Entro tale database il massimo valore dell'intensità di sito (Is), espressa in MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), è risultato pari a 7, a cui corrisponde, secondo quanto riportato nel database, una Mw = 6,29: tale valore è comunque relativo all'intensità sismica dell'ipocentro e, quindi, fortemente sovradimensionato per l'area in esame.

2. **Accelerazioni massime attese al piano campagna:** in base alla classificazione redatta dalla Regione Liguria e contenuta entro da D.G.R. 1362 del 19/11/2010 il Comune di Pietra Ligure ricade entro la zona sismica 3 ed in particolare, in base all'applicazione di quanto contenuto nell'allegato A delle NTC 14/01/2008, interessato da una accelerazione massima attesa al piano campagna (classe d'uso della struttura = III, VR = 75 anni, categoria di suolo = C e morfologia topografica = T1) pari a 0,17g.
3. **Soggiacenza della falda:** dati geotecnici e geognostici raccolti si evince che il sito è interessato da una falda freatica non confinata con soggiacenza compresa tra 1,3 e 2,5 metri dal piano campagna.
4. **Consistenza dei depositi:** i depositi sono costituiti da ghiaie, sabbie ghiaiose, sabbie pulite e da sabbie limoso-argillose con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ variabile e talvolta inferiore a 30.
5. **Tessitura dei depositi**: la distribuzione granulometrica è spesso compresa entro i fusi granulometrici indicati alla figura 7.11.1 delle NTC come tipici di terreni suscettibili a liquefazione.

10.1.4 – Analisi della suscettibilità alla liquefazione.

Per valutare in modo *semi quantitativo* l'effettiva potenzialità alla liquefazione dei sedimenti si è ricorsi ad un software specifico (LiqIT, del quale sono riportate, in allegato, i listati di calcolo), che si basa su *metodi semplificati* ed utilizza come parametri in ingresso dati relativi al terreno e alla falda, ricavati, in questo caso, da appositi studi geognostici e geotecnici già menzionati, parametri relativi al sisma atteso e l'accelerazione massima orizzontale del suolo.

Le verifiche sono state condotte secondo diverse verticali di indagine ed in particolare 4 relative ai sondaggi a rotazione entro i quali sono state effettuate campagne di prove SPT e 5 relative alle prove DPSH: a tali analisi è stata accostata, a puro scopo di confronto, un'analisi specifica eseguita su un profilo di onde S ottenuto nel corso della campagna d'indagine. La documentazione di calcolo è riportata in allegato.

Il rischio liquefazione viene espresso attraverso un coefficiente di sicurezza Fs dato dal rapporto tra la resistenza alla liquefazione del deposito sciolto e lo sforzo dinamico di taglio che lo sollecita durante l'evento sismico.

La liquefazione è correlata al coefficiente di sicurezza nel seguente modo:

Fs≥ 1,25 **Liquefazione assente**
1.0<Fs<1.25 **Liquefazione possibile**
Fs<1 **Liquefazione molto probabile.**

Dall'esame degli elaborati è evidente come ***il sito non risulta interessato da liquefazione*** essendo il coefficiente di sicurezza calcolato sempre maggiore di 1,25 e solo in alcuni sporadici casi, di qualche decina di centimetri, compreso tra 1 ed 1,25. In particolare il calcolo del potenziale di liquefazione secondo Iwasaki (I_L), per ogni verticale indagata, non ha mai evidenziato probabili fenomeni di liquefazione.

11. INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI OPERE GEOTECNICHE[8].

Le principali categorie di opere da effettuarsi per lo sviluppo dell'intervento in oggetto saranno essenzialmente le seguenti:

- **Trincee drenanti:** tutte le opere di contenimento prossime all'abitato od alla rete ferroviaria dovranno essere dotate di trincee drenanti aventi lo scopo di regolare l'escursione massima dell'altezza di falda arrecando il minor disturbo possibile al regime idrogeologico del sito: verranno costruiti sistemi drenanti di basso impatto (trincee drenanti le acque raccolte verso mare aventi base di sviluppo rispettivamente da 0.70 metri sul livello del mare per l'autorimessa lato Loano e 1.20 metri sul livello del mare per l'autorimessa lato Pietra Ligure) aventi lo scopo di garantire il mantenimento dell'attuale livello della falda freatica senza creare innalzamenti del livello piezometrico al di sotto della sede ferroviaria e dell'abitato circostante, il cui dimensionamento definitivo nonché la funzionalità saranno verificati entro apposita relazione idrogeologica contenente i dati del monitoraggio di lungo termine, ancora in corso, e che saranno utilizzati entro la modellazione idrogeologica specificatamente condotta con software dedicato.
- **Paratia di sostegno con diaframma semplice in calcestruzzo armato:** dovranno essere sviluppate per l'edificazione delle autorimesse interrate: lo scavo in trincea verrà eseguito impiegando del fango bentonitico che, avendo densità superiore a quella dell'acqua, non penetrerà nelle pareti del foro, ma vi verrà compresso nel momento di inserimento dell'utensile di scavo, depositando sulle pareti del foro uno strato di Montmorillonite. Una volta ultimato lo scavo verrà eseguito il getto di calcestruzzo che essendo più pesante del fango andrà ad assestarsi sul fondo mentre la bentonite risalirà fuoriuscendo dal foro per essere filtrata e nuovamente riutilizzata. Alla sommità del diaframma potrà essere realizzato un cordolo armato con lo scopo di solidarizzare tutti i setti verticali. In particolare l'approfondimento dovrà essere progettato, con l'ausilio di parametri geotecnici caratteristici e di progetto da determinare nel corso della relazione geotecnica esecutiva, in modo tale da permettere un perfetto immorsamento dell'opera in profondità senza dar luogo ad alcun fenomeno di instabilità.
- **Paratia di sostegno con diaframma ancorato in calcestruzzo armato:** hanno lo stesso scopo e la medesima modalità esecutiva delle summenzionate paratie di sostegno con diaframma semplice in calcestruzzo armato, solo che al fine di permettere il raggiungimento di più elevate condizioni di esercizio potranno essere dotate, nella parte alta, di fori per introdurvi dei tiranti. Tale metodologia potrà essere sviluppata presso il fronte sito in prossimità della linea ferroviaria ed i tiranti potranno svilupparsi al di sotto della stessa (previ accordi con le FF.SS.), ma con caratteristiche tali da garantirne un uso prettamente provvisionale.
- **Tamponi di fondo**: potranno essere sviluppati per mezzo di jet grouting, come elemento di tenuta idraulica finalizzata all'impermeabilizzazione degli scavi sotto falda con interassi esecutivi ridotti al fine di rendere ininfluenti sulla tenuta gli errori esecutivi (quali non perfetto controllo delle aste di perforazione ecc..) che inevitabilmente affliggeranno tale lavorazione. Il dimensionamento esecutivo dovrà essere tale da far si che il tampone sia in grado di resistere alla sottospinta dell'acqua che può essere contrastata con il semplice peso del tampone o con il contributo di tiranti. Qualora le

[8] Dovranno essere tutte correttamente dimensionate e verificate in fase esecutiva, ai sensi del NTC, utilizzando i parametri geotecnici caratteristiche e di progetto che dovranno essere individuati dal progettista geotecnico incaricato dello sviluppo della relazione geotecnica esecutiva.

modalità esecutive siano tali da avere un tratto superiore non trattato, la parte inferiore trattata dovrà essere dimensionata in modo tale da permettere "l'eliminazione" dell'acqua dalla parte superiore, tramite pozzi o well point, e resistendo alla sottospinta dell'acqua.

- **Consolidamenti tramite Jet grouting**: qualora dall'esame degli elaborati progettuali originari degli edifici che dovranno essere preservati all'interno del sito si rilevasse la necessità di effettuare consolidamenti per permettere lo sviluppo degli sbancamenti necessari alla formazione degli spacchi d'acqua interni al porto turistico, tali opere potranno essere effettuate tramite la costruzione di diaframmi o porzioni di terreno consolidato tramite colonne su doppia o tripla fila.

- **Scavi di sbancamento**: sebbene in base alle risultanze della relazione geologica allegata al progetto e all'attenta osservazione delle caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche, il sito oggetto di intervento è da ritenersi stabile, così come al momento è strutturato, nei confronti di dissesti gravitativi, in fase esecutiva dovrà essere evitato qualsiasi fenomeno di instabilità dei fronti di scavo per mezzo del rispetto delle seguenti norme di sicurezza riconducibili al D. Lgs. 81/2008 ed in particolare ai seguenti articoli. Art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno. Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno. Art. 120: E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature. Al sensi del DM 14 01 08 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6. (fronti di scavo): Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.

- **Colmate e riempimenti:** il sito di riempimento e/o colmata dovrà essere adeguatamente preparato tramite dragaggio e "circondato" da opere di contenimento quali cassoni in c.a. o scogliere in massi adeguatamente dimensionate. Le granulometrie dovranno essere adeguatamente selezionate e miscelate in modo tale da evitare il raggiungimento di un fuso granulometrico suscettibile a fenomeni di liquefazione. L'abbancamento dovrà essere effettuato per gradi secondo stati omogeni, eventualmente inframmezzati a fogli di geotessuto, in modo tale da permettere un corretto costipamento dei materiali curando di sottoporre le parti di neoformazione a precarica finale in modo tale da ridurre al minimo i cedimenti in corso di esercizio. Al fine di garantire un corretto deflusso delle acque sub superficiali i reinterri a mare saranno effettuati con materiale grossolano e drenante con conducibilità idraulica pari a quanto riscontrabile in sito o maggiore (almeno $2*10^{-2}$ cm/sec, corrispondente alla tessitura della ghiaia): i materiali di scavo potranno pertanto essere direttamente riutilizzati, qualora ambientalmente compatibili, per i reinterri previsti a progetto.

- **Fondazioni su pali**: in considerazione dell'agevole accessibilità dei luoghi, anche con mezzi d'opera di grosse dimensioni, si ritiene che le fondazioni dell'insediamento industriale di neoedificazione da ubicarsi sulla parte di colmata, nonché del nuovo albergo ed ovunque risulti necessario raggiungere un adeguato substrato di fondazione possano essere sviluppate tramite pali trivellati di grosso diametro da effettuarsi con rivestimento delle pareti di scavo tramite tubazione metallica di grosso diametro. Tali opere di fondazione indirette dovranno essere approfondite fino al raggiungimento dei sedimenti con caratteristiche geotecniche idonee all'intervento e dovranno essere verificate, anche in corso d'opera come da dettato delle NTC.

12. APPROFONDIMENTI DI INDAGINE PROPEDEUTICI ALLO SVILUPPO DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA.

In fase prodromica alla progettazione esecutiva delle opere si ritiene necessario il seguente set integrativo, minimo d'indagine e che potranno essere integrate ed eventualmente modificate dal progettista "esecutivo" delle opere geotecniche.

- N° 1 campagna di indagini a carotaggio lato monte/ferrovia da attrezzare a piezometro per la verifica del livello della falda in corso di esecuzione degli interventi e successivamente per monitoraggio.
- N° 1 campagna di indagini a carotaggio continuo con estrazione di campione e prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad indagini di laboratorio geotecnico, per il raffittimento dei dati ad oggi disponibili e la verifica dell'attuale modello geologico e geotecnico definitivo.
- N° 1 campagna di indagini CPT, lato ferrovia, da condursi per mezzo di idoneo penetrometro statico.

13. MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA E POST OPERAM.

Al fine di permettere un corretto monitoraggio dello stato dei luoghi in corso d'opera e dell'efficienza delle strutture geotecniche in fase di esercizio si ritengono necessari i seguenti monitoraggi che potranno essere integrati ed eventualmente modificati dal progettista "esecutivo" delle opere geotecniche.

- Monitoraggio piezometrico relativo all'andamento della falda "lato monte" avente lo scopo di verificare in corso d'opera e post operam l'efficacia del sistema drenante di regolazione del livello freatico.
- Monitoraggio topografico di precisione del piano del ferro relativo al sedime delle FF.SS. avente lo scopo di verificare la stabilità e l'ininfluenza delle opere progettate.
- Monitoraggio topografico di precisione sui manufatti pubblici e privati limitrofi alle zone di esecuzione dei jet grouting.

Savona, giugno 2012

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

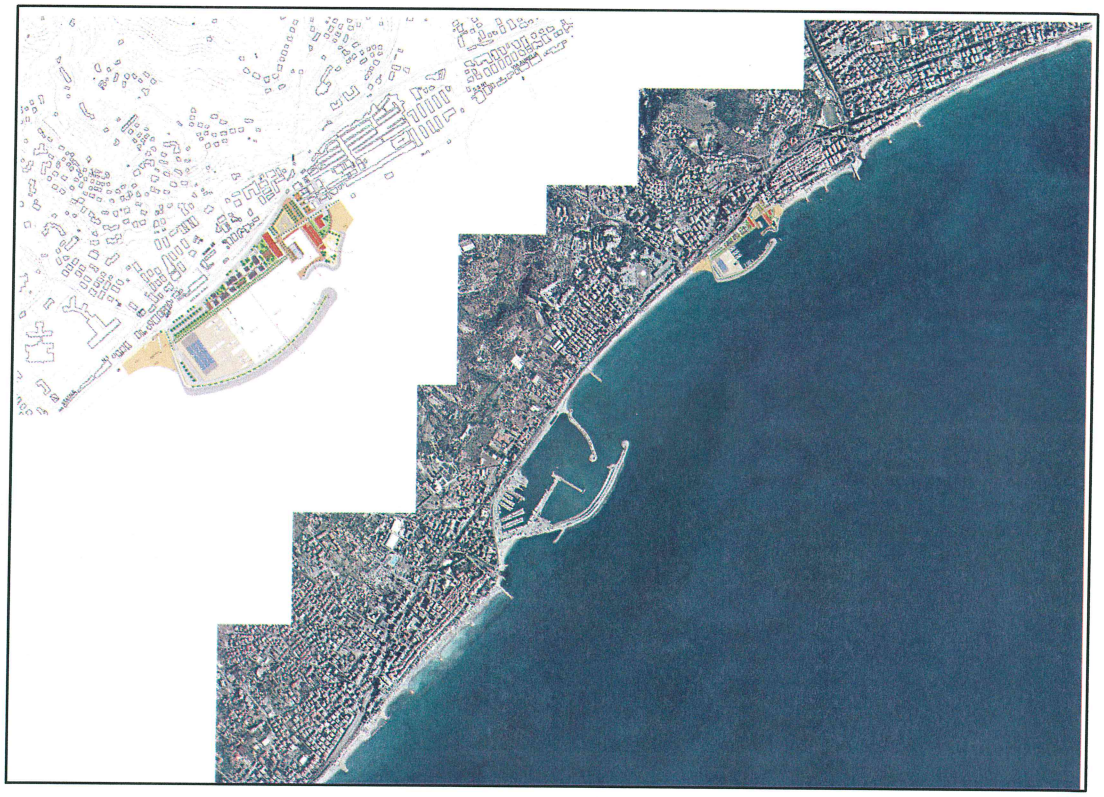
ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. SABRINA SANTINI
A.P. n. 338
Sez. A data istituz. 13.06.95

INDICE ALLEGATI

STATO DI PROGETTO 24
UBICAZIONE INDAGINI 25
INDAGINI DPSH RESTITUZIONE DATI 26
SEZIONE GEOTECNICA SEMPLIFICATA 31
VERIFICHE A LIQUEFAZIONE 32
INDIVIDUAZIONE PRINCIPALI OPERE GEOTECNICHE 42
UBICAZIONE NUOVE INDAGINI/MONITORAGGI 43

ALLEGATO 1

STATO DI PROGETTO



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805140 - P. IVA 01140840090

ALLEGATO 2

UBICAZIONE INDAGINI

Indagini preliminari (anno 2007):

- sondaggi a rotazione "a secco per indagini ambientali": ● (S1-4)

Progetto preliminare/definitivo (anni 2010, 2011 e 2012):

- sondaggi a rotazione "attrezzati a piezometro": ● (SA – D);
- sondaggi a rotazione "attrezzati a piezometro": ● (SE – L);
- prove DPSH rivestite: ■ (DPSH 1- 5);
- campagna di indagini geofisiche:
  - Indagine sismica attiva di tipo MASW: ★---------- (MASW 1- 5);
  - Indagine sismica passiva HVSR: ⬇ (HVSR1-7);
  - Sondaggi elettrici verticali: --------▲-------(SEV 1-2);



ALLEGATO 3

INDAGINI DPSH RESTITUZIONE DATI

Commessa:	025/2010	**Tipo di prova:**	DPSH
Committente:	Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.	**N°:**	1
Località:	Pietra Ligure (SV)	**Attrezzatura:**	Pagani standard Emilia
Data:	15/11/2010	**Rivestimento:**	Si

Profondità	N	Rpd (Mpa)	Nspt	GRANULARI				COESIVI		
				ϕ [°] (De Mello 1971)	Dr (Terzaghi & Peck, 1948)	Ed (Farrent, 1963 in Mpa)	E (Tomaghi, 1981 in Mpa)	cu (Sanglerat in KPa)	Ed (Stroudt e Butler in MPa)	E (Schulze & Mezenbach in Mpa)
0,2	11	11,37	19	31	80%	16,50	33,39			
0,4	7	7,24	12	29	64%	10,50	26,64			
0,6	6	6,20	10	29	59%	9,00	24,66			
0,8	3	3,10	5					42	3,10	4,99
1	3	3,10	5					42	3,10	4,99
1,2	4	3,81	7					55	4,14	7,32
1,4	10	9,52	16	30	74%	14,12	30,88			
1,6	11	10,47	17	30	76%	14,87	31,69			
1,8	10	9,52	16	30	74%	14,12	30,88			
2	9	8,57	15	30	71%	13,37	30,05			
2,2	6	5,29	13	29	63%	11,12	27,41			
2,4	5	4,41	12	29	60%	10,37	26,47			
2,6	6	5,29	13	29	60%	11,12	27,41			
2,8	11	9,70	17	30	68%	14,87	31,69			
3	9	7,93	15	30	64%	13,37	30,05			
3,2	10	8,21	16	30	64%	14,12	30,88			
3,4	18	14,78	23	31	75%	20,12	36,87			
3,6	24	19,70	28	32	82%	24,62	40,78			
3,8	44	36,12	45	34	102%	39,62	51,74			
4	45	36,95	46	34	102%	40,37	52,23			
4,2	37	28,43	39	33	93%	34,37	48,19			
4,4	42	32,27	43	34	96%	38,12	50,75			
4,6	50	38,41	50	34	102%	44,12	54,60			
4,8	46	35,34	47	34	98%	41,12	52,71			
5	22	16,90	26	32	72%	23,12	39,52			
5,2	16	11,55	21	31	64%	18,62	35,47			
5,4	14	10,11	19	31	61%	17,12	34,01			
5,6	14	10,23	19	31	60%	17	34			
5,8	8	5,85	14	29	51%	13	29			
6	10	7,31	16	30	54%	14	31			
6,2	6	4,13	13	29	47%	11	27			
6,4	7	4,82	13	29	48%	12	28			
6,6	7	4,82	13	29	48%	12	28			
6,8	5	3,44	12	29	45%	10	26			
7	6	4,13	13	29	46%	11	27			
7,2	5	3,26	12	29	44%	10	26			
7,4	12	7,81	18	30	53%	16	32			
7,6	7	4,56	13	29	46%	12	28			
7,8	11	7,16	17	30	51%	15	32			
8	10	6,51	16	30	50%	14	31			
8,2	7	4,32	13	29	45%	12	28			
8,4	7	4,32	13	29	45%	12	28			
8,6	9	5,56	15	29	47%	13	30			
8,8	12	7,41	18	30	51%	16	32			
9	13	8,03	19	30	52%	16	33			
9,2	11	6,46	17	30	49%	15	32			
9,4	11	6,46	17	30	49%	15	32			
9,6	8	4,70	14	29	45%	13	29			
9,8	12	7,05	18	30	49%	16	32			
10	13	7,63	19	30	50%	16	33			
10,2	11	6,16	17	30	48%	15	32			
10,4	8	4,48	14	29	44%	13	29			
10,6	9	5,04	15	29	45%	13	30			
10,8	7	3,92	13	29	42%	12	28			
11	7	3,92	13	29	42%	12	28			
11,2	10	5,35	16	29	45%	14	31			
11,4	9	4,81	15	29	44%	13	30			
11,6	9	4,81	15	29	44%	13	30			
11,8	23	12,30	27	31	58%	24	40			
12	8	4,28	14	29	42%	13	29			
12,2	18	9,21	23	31	53%	20	37			
12,4	2	1,02	9	27	33%	8	23			
12,6	22	11,26	26	31	56%	23	40			
12,8	22	11,26	26	31	56%	23	40			
13	35	17,91	37	32	66%	33	47			
13,2	42	20,61	43	33	71%	38	51			
13,4	31	15,21	34	32	63%	30	45			
13,6	23	11,29	27	31	56%	24	40			
13,8	25	12,27	29	31	57%	25	41			
14	43	21,10	44	33	71%	39	51			
14,2	59	27,81	58	34	81%	51	59			
14,4	53	24,99	53	34	77%	46	56			
14,6	43	20,27	44	33	70%	39	51			
14,8	49	23,10	49	33	74%	43	54			
15	32	15,09	35	32	62%	31	45			
15,2	27	12,25	30	32	58%	27	43			
15,4	51	23,13	51	33	74%	45	55			
15,6	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto

Commessa:	025/2010	**Tipo di prova:**	DPSH
Committente:	Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.	**N°:**	2
Località:	Pietra Ligure (SV)	**Attrezzatura:**	Pagani standard Emilia
Data:	16/11/2010	**Rivestimento:**	Si

Profondità	N	Rpd (Mpa)	Nspt	GRANULARI				COESIVI		
				ϕ [°] (De Mello 1971)	Dr (Terzaghi & Peck, 1948)	Ed (Farrent, 1963 in Mpa)	E (Tornaghi, 1981 in Mpa)	cu (Sanglerat in KPa)	Ed (Stroudt e Butler in MPa)	E (Schulze & Mezenbach in Mpa)
0,2	8	8,27	14	30	68%	12,00	28,47			
0,4	4	4,14	7					55	4,14	7,32
0,6	2	2,07	3					28	2,07	2,66
0,8	1	1,03	2					14	1,03	0,33
1	2	2,07	3					28	2,07	2,66
1,2	7	6,66	12	29	64%	10,50	26,64			
1,4	5	4,76	9	29	64%	10,37	26,47			
1,6	9	8,57	15	30	72%	13,37	30,05			
1,8	14	13,32	24	31	82%	17,12	34,01			
2	21	19,99	36	32	92%	22,37	38,88			
2,2	24	21,16	41	32	94%	24,62	40,78			
2,4	13	11,46	22	31	75%	16,37	33,25			
2,6	5	4,41	9	29	58%	10,37	26,47			
2,8	2	1,76	3	28	51%	8,12	23,42			
3	3	2,64	5	28	52%	8,87	24,48			
3,2	5	4,11	9	29	55%	10,37	26,47			
3,4	20	16,42	34	32	78%	21,62	38,22			
3,6	29	23,81	49	33	88%	28,37	43,78			
3,8	34	27,91	58	33	92%	32,12	46,58			
4	29	23,81	49	33	85%	28,37	43,78			
4,2	39	29,96	66	33	95%	35,87	49,23			
4,4	33	25,35	56	33	88%	31,37	46,04			
4,6	18	13,83	31	31	69%	20,12	36,87			
4,8	15	11,52	26	31	64%	17,87	34,75			
5	13	9,99	22	30	61%	16,37	33,25			
5,2	9	6,58	15	30	55%	13,37	30,05			
5,4	14	10,23	24	31	61%	17,12	34,01			
5,6	15	10,96	26	31	62%	17,87	34,75			
5,8	12	8,77	20	30	57%	15,62	32,48			
6	10	7,31	17	30	54%	14,12	30,88			
6,2	9	6,20	15	30	52%	13,37	30,05			
6,4	7	4,82	12	29	48%	11,87	28,32			
6,6	3	2,07	5	28	42%	8,87	24,48			
6,8	4	2,75	7	28	43%	9,62	25,49			
7	9	6,20	15	30	50%	13,37	30,05			
7,2	10	6,51	17	30	51%	14,12	30,88			
7,4	6	3,91	10	29	45%	11,12	27,41			
7,6	7	4,56	12	29	46%	11,87	28,32			
7,8	8	5,21	14	29	47%	12,62	29,20			
8	9	5,86	15	29	48%	13,37	30,05			
8,2	8	4,94	14	29	47%	12,62	29,20			
8,4	12	7,41	20	30	52%	15,62	32,48			
8,6	11	6,79	19	30	50%	14,87	31,69			
8,8	8	4,94	14	29	46%	12,62	29,20			
9	11	6,79	19	30	49%	14,87	31,69			
9,2	10	5,87	17	30	48%	14,12	30,88			
9,4	13	7,63	22	30	51%	16,37	33,25			
9,6	14	8,22	24	30	52%	17,12	34,01			
9,8	11	6,46	19	30	48%	14,87	31,69			
10	9	5,28	15	29	45%	13,37	30,05			
10,2	11	6,16	19	30	48%	14,87	31,69			
10,4	11	6,16	19	30	47%	14,87	31,69			
10,6	10	5,60	17	29	46%	14,12	30,88			
10,8	12	6,72	20	30	48%	15,62	32,48			
11	12	6,72	20	30	48%	15,62	32,48			
11,2	14	7,49	24	30	50%	17,12	34,01			
11,4	11	5,88	19	30	46%	14,87	31,69			
11,6	8	4,28	14	29	42%	12,62	29,20			
11,8	5	2,67	9	28	38%	10,37	26,47			
12	8	4,28	14	29	42%	12,62	29,20			
12,2	12	6,14	20	30	47%	15,62	32,48			
12,4	14	7,16	24	30	48%	17,12	34,01			
12,6	23	11,77	39	31	57%	23,87	40,16			
12,8	30	15,35	51	32	63%	29,12	44,35			
13	43	22,01	73	33	72%	38,87	51,25			
13,2	32	15,70	54	32	64%	30,62	45,48			
13,4	13	6,38	22	30	46%	16,37	33,25			
13,6	9	4,42	15	29	42%	13,37	30,05			
13,8	10	4,91	17	29	43%	14,12	30,88			
14	12	5,89	20	30	45%	15,62	32,48			
14,2	11	5,19	19	29	44%	14,87	31,69			
14,4	12	5,66	20	30	44%	15,62	32,48			
14,6	21	9,90	36	31	53%	22,37	38,88			
14,8	22	10,37	37	31	54%	23,12	39,52			
15	22	10,37	37	31	54%	23,12	39,52			
15,2	26	11,79	44	31	57%	26,12	42,01			
15,4	40	18,14	68	33	67%	36,62	49,74			
15,6	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto

Commessa:	025/2010	**Tipo di prova:**	DPSH
Committente:	Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.	**N°:**	3
Località:	Pietra Ligure (SV)	**Attrezzatura:**	Pagani standard Emilia
Data:	17/11/2010	**Rivestimento:**	Si

Profondità	N	Rpd (Mpa)	Nspt	GRANULARI				COESIVI		
				ϕ' [°] (De Mello 1971)	Dr (Terzaghi & Peck, 1948)	Ed (Farrent, 1963 in Mpa)	E (Tomaghi, 1981 in Mpa)	cu (Sanglerat in KPa)	Ed (Stroudt e Butler in MPa)	E (Schulze & Mezenbach in Mpa)
0,2	1	1,03	2					14	1,03	0,33
0,4	3	3,10	5					42	3,10	4,99
0,6	1	1,03	2					14	1,03	0,33
0,8	1	1,03	2					14	1,03	0,33
1	8	8,27	14	30	68%	12,00	28,47			
1,2	12	11,42	20	31	84%	18,00	34,87			
1,4	15	14,28	20	31	84%	17,87	34,75			
1,6	13	12,37	19	31	80%	16,37	33,25			
1,8	12	11,42	18	31	78%	15,62	32,48			
2	11	10,47	17	30	75%	14,87	31,69			
2,2	11	9,70	17	30	73%	14,87	31,69			
2,4	12	10,58	18	30	73%	15,62	32,48			
2,6	12	10,58	18	30	72%	15,62	32,48			
2,8	14	12,34	19	31	73%	17,12	34,01			
3	29	25,57	32	33	93%	28,37	43,78			
3,2	38	31,20	40	33	101%	35,12	48,71			
3,4	25	20,53	29	32	85%	25,37	41,40			
3,6	40	32,84	42	34	100%	36,62	49,74			
3,8	51	41,87	51	34	109%	44,87	55,06			
4	53	43,51	53	34	109%	46,37	55,97			
4,2	28	21,51	31	32	83%	27,62	43,20			
4,4	17	13,06	22	31	69%	19,37	36,17			
4,6	15	11,52	20	31	65%	17,87	34,75			
4,8	16	12,29	21	31	66%	18,62	35,47			
5	15	11,52	20	31	64%	17,87	34,75			
5,2	11	7,94	17	30	57%	14,87	31,69			
5,4	9	6,50	15	30	54%	13,37	30,05			
5,6	8	5,78	14	29	52%	12,62	29,20			
5,8	10	7,31	16	30	54%	14,12	30,88			
6	8	5,85	14	29	51%	12,62	29,20			
6,2	5	3,44	12	29	46%	10,37	26,47			
6,4	3	2,07	10	28	42%	8,87	24,48			
6,6	7	4,82	13	29	48%	11,87	28,32			
6,8	7	4,82	13	29	48%	11,87	28,32			
7	7	4,82	13	29	47%	11,87	28,32			
7,2	4	2,60	11	28	42%	9,62	25,49			
7,4	7	4,56	13	29	47%	11,87	28,32			
7,6	8	5,21	14	29	48%	12,62	29,20			
7,8	8	5,21	14	29	47%	12,62	29,20			
8	9	5,86	15	29	48%	13,37	30,05			
8,2	9	5,56	15	29	48%	13,37	30,05			
8,4	5	3,09	12	28	42%	10,37	26,47			
8,6	8	4,94	14	29	46%	12,62	29,20			
8,8	10	6,17	16	30	48%	14,12	30,88			
9	13	8,03	19	30	52%	16,37	33,25			
9,2	8	4,70	14	29	45%	12,62	29,20			
9,4	8	4,70	14	29	45%	12,62	29,20			
9,6	14	8,22	19	30	52%	17,12	34,01			
9,8	14	8,22	19	30	52%	17,12	34,01			
10	11	6,46	17	30	48%	14,87	31,69			
10,2	10	5,60	16	29	46%	14,12	30,88			
10,4	13	7,28	19	30	50%	16,37	33,25			
10,6	15	8,40	20	30	52%	17,87	34,75			
10,8	13	7,28	19	30	49%	16,37	33,25			
11	14	7,84	19	30	50%	17,12	34,01			
11,2	13	6,95	19	30	49%	16,37	33,25			
11,4	13	6,95	19	30	49%	16,37	33,25			
11,6	15	8,02	20	30	50%	17,87	34,75			
11,8	13	6,95	19	30	48%	16,37	33,25			
12	13	6,95	19	30	48%	16,37	33,25			
12,2	13	6,65	19	30	48%	16,37	33,25			
12,4	13	6,65	19	30	47%	16,37	33,25			
12,6	15	7,68	20	30	49%	17,87	34,75			
12,8	15	7,68	20	30	49%	17,87	34,75			
13	15	7,68	20	30	49%	17,87	34,75			
13,2	14	6,87	19	30	48%	17,12	34,01			
13,4	12	5,89	18	30	45%	15,62	32,48			
13,6	14	6,87	19	30	47%	17,12	34,01			
13,8	15	7,36	20	30	48%	17,87	34,75			
14	9	4,42	15	29	41%	13,37	30,05			
14,2	15	7,07	20	30	48%	17,87	34,75			
14,4	16	7,54	21	30	49%	18,62	35,47			
14,6	5	2,36	12	28	36%	10,37	26,47			
14,8	3	1,41	10	27	33%	8,87	24,48			
15	3	1,41	10	27	33%	8,87	24,48			
15,2	3	1,36	10	27	33%	8,87	24,48			
15,4	4	1,81	11	28	34%	9,62	25,49			
15,6	4	1,81	11	28	34%	9,62	25,49			
15,8	2	2,31	9	27	31%	8,12	23,42			
16	2	2,31	9	27	30%	7,68	22,77			
16,2	6	6,92	11	28	34%	9,79	25,72			
16,4	6	6,92	11	28	34%	9,79	25,72			
16,6	3	3,46	9	27	31%	8,21	23,55			
16,8	5	5,77	11	27	33%	9,26	25,02			
17	10	11,54	14	28	37%	11,91	28,37			
17,2	12	13,85	15	29	39%	12,97	29,60			
17,4	17	19,61	18	29	42%	15,62	32,48			
17,6	14	16,15	16	29	40%	14,03	30,79			
17,8	11	12,69	14	28	37%	12,44	28,99			
18	10	11,54	14	28	37%	11,91	28,37			
18,2	11	12,69	14	28	37%	12,44	28,99			
18,4	8	9,23	12	28	35%	10,85	27,08			
18,6	11	12,69	14	28	37%	12,44	28,99			
18,8	12	13,85	15	29	38%	12,97	29,60			
19	8	9,23	12	28	34%	10,85	27,08			
19,2	14	16,15	16	29	39%	14,03	30,79			
19,4	10	11,54	14	28	36%	11,91	28,37			
19,6	7	8,08	12	28	33%	10,32	26,41			
19,8	7	8,08	12	28	33%	10,32	26,41			
20	7	8,08	12	28	33%	10,32	26,41			
20,2	18	20,77	18	29	41%	16,15	33,03			
20,4	38	43,84	30	31	53%	26,73	42,50			
20,6	14	16,15	16	29	38%	14,03	30,79			
20,8	11	12,69	14	28	36%	12,44	28,99			
21	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it.it

Commessa:	025/2010	**Tipo di prova:**	DPSH
Committente:	Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.	**N°:**	4
Località:	Pietra Ligure (SV)	**Attrezzatura:**	Pagani standard Emilia
Data:	18/11/2010	**Rivestimento:**	Si

Profondità	N	Rpd (Mpa)	Nspt	GRANULARI				COESIVI		
				ϕ' [°] (De Mello 1971)	Dr (Terzaghi & Peck, 1948)	Ed (Farrent, 1963 in Mpa)	E (Tornaghi, 1981 in Mpa)	cu (Sanglerat in KPa)	Ed (Stroudt e Butler in MPa)	E (Schulze & Mezenbach in Mpa)
0,2	4	4,14	7					55	4,14	7,32
0,4	4	4,14	7					55	4,14	7,32
0,6	4	4,14	7					55	4,14	7,32
0,8	4	4,14	7					55	4,14	7,32
1	3	3,10	5					42	3,10	4,99
1,2	7	6,66	12	29	64%	10,50	26,64			
1,4	6	5,71	13	29	66%	11,12	27,41			
1,6	7	6,66	13	29	68%	11,87	28,32			
1,8	8	7,61	14	30	70%	12,62	29,20			
2	10	9,52	16	30	73%	14,12	30,88			
2,2	15	13,22	20	31	80%	17,87	34,75			
2,4	22	19,39	26	32	89%	23,12	39,52			
2,6	20	17,63	25	32	84%	21,62	38,22			
2,8	11	9,70	17	30	68%	14,87	31,69			
3	12	10,58	18	30	69%	15,62	32,48			
3,2	21	17,24	25	32	81%	22,37	38,88			
3,4	29	23,81	32	33	89%	28,37	43,78			
3,6	33	27,09	36	33	93%	31,37	46,04			
3,8	36	29,56	38	33	94%	33,62	47,66			
4	37	30,38	39	33	94%	34,37	48,19			
4,2	36	27,66	38	33	92%	33,62	47,66			
4,4	32	24,58	35	33	86%	30,62	45,48			
4,6	15	11,52	20	31	65%	17,87	34,75			
4,8	19	14,60	24	31	70%	20,87	37,55			
5	19	14,60	24	31	69%	20,87	37,55			
5,2	12	8,66	18	30	59%	15,62	32,48			
5,4	17	12,27	22	31	65%	19,37	36,17			
5,6	11	7,94	17	30	56%	14,87	31,69			
5,8	10	7,22	16	30	54%	14,12	30,88			
6	5	3,61	12	29	46%	10,37	26,47			
6,2	5	3,40	12	29	46%	10,37	26,47			
6,4	3	2,04	10	28	42%	8,87	24,48			
6,6	4	2,72	11	28	43%	9,62	25,49			
6,8	3	2,04	10	28	41%	8,87	24,48			
7	8	5,45	14	29	49%	12,62	29,20			
7,2	10	6,44	16	30	51%	14,12	30,88			
7,4	12	7,73	18	30	53%	15,62	32,48			
7,6	9	5,80	15	29	49%	13,37	30,05			
7,8	7	4,51	13	29	46%	11,87	28,32			
8	7	4,51	13	29	46%	11,87	28,32			
8,2	5	3,06	12	28	42%	10,37	26,47			
8,4	8	4,89	14	29	46%	12,62	29,20			
8,6	8	4,89	14	29	46%	12,62	29,20			
8,8	11	6,79	17	30	50%	14,87	31,69			
9	11	6,79	17	30	49%	14,87	31,69			
9,2	8	4,70	14	29	45%	12,62	29,20			
9,4	10	5,87	16	30	47%	14,12	30,88			
9,6	9	5,28	15	29	46%	13,37	30,05			
9,8	12	7,05	18	30	49%	15,62	32,48			
10	6	3,52	13	29	41%	11,12	27,41			
10,2	12	6,72	18	30	49%	15,62	32,48			
10,4	7	3,92	13	29	42%	11,87	28,32			
10,6	10	5,60	16	29	46%	14,12	30,88			
10,8	8	4,48	14	29	43%	12,62	29,20			
11	8	4,48	14	29	43%	12,62	29,20			
11,2	7	3,74	13	29	41%	11,87	28,32			
11,4	6	3,21	13	28	40%	11,12	27,41			
11,6	6	3,21	13	28	40%	11,12	27,41			
11,8	5	2,67	12	28	38%	10,37	26,47			
12	24	12,83	28	31	59%	24,62	40,78			
12,2	48	24,57	48	34	77%	42,62	53,66			
12,4	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it.it

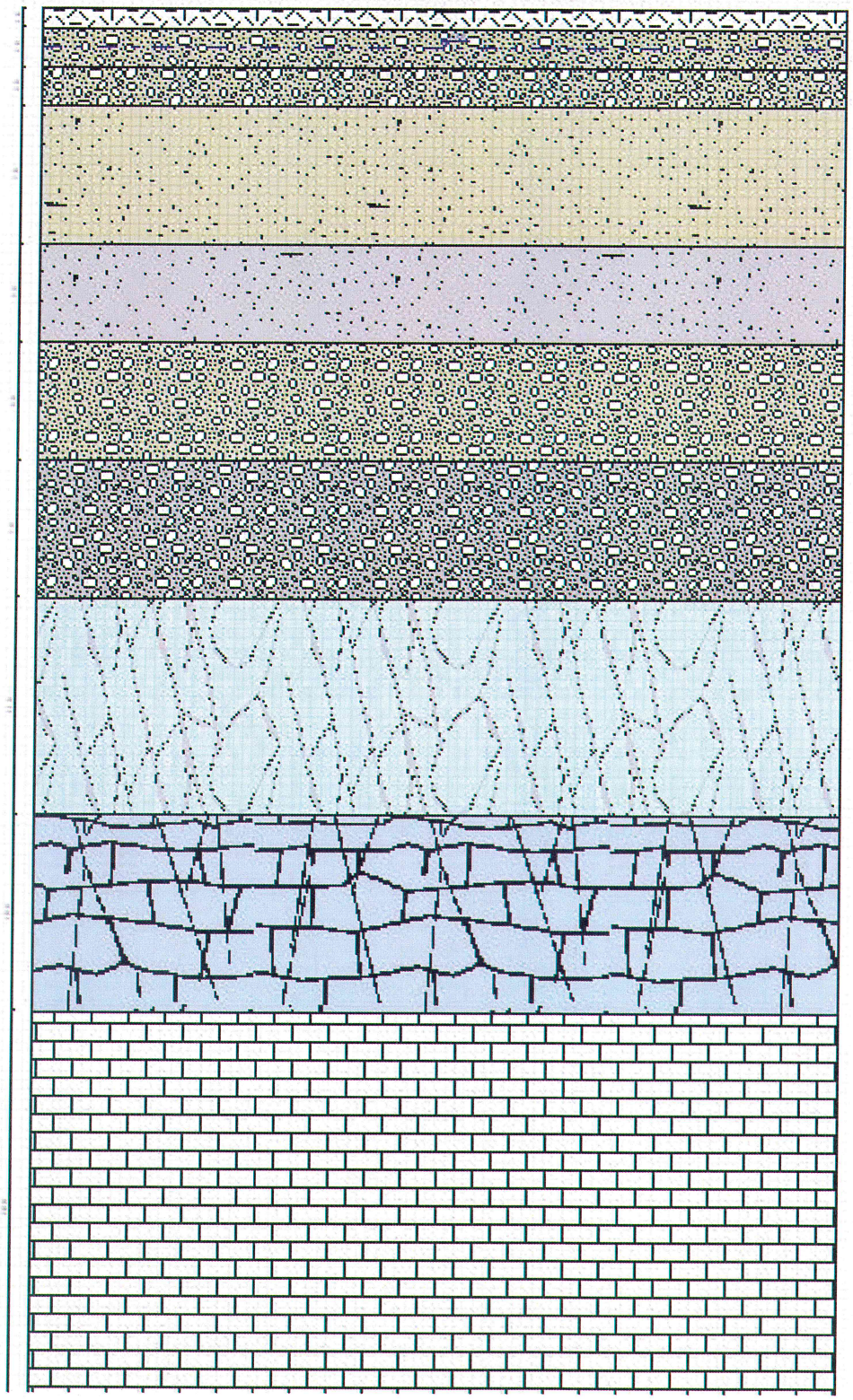
Commessa:	025/2010	**Tipo di prova:**	DPSH
Committente:	Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.	**N°:**	5
Località:	Pietra Ligure (SV)	**Attrezzatura:**	Pagani standard Emilia
Data:	19/11/2010	**Rivestimento:**	Si

Profondità	N	Rpd (Mpa)	Nspt	GRANULARI				COESIVI		
				ϕ [°] (De Mello 1971)	Dr (Terzaghi & Peck, 1948)	Ed (Farrent, 1963 in Mpa)	E (Tornaghi, 1981 in Mpa)	cu (Sanglerat in KPa)	Ed (Stroudt e Butler in MPa)	E (Schulze & Mezenbach in Mpa)
0,2	1	1,03	2					13,86	1,03	0,33
0,4	2	2,07	3					27,72	2,07	2,66
0,6	1	1,03	2					13,86	1,03	0,33
0,8	1	1,03	2					13,86	1,03	0,33
1	1	1,03	2					13,86	1,03	0,33
1,2	1	0,95	2					13,86	1,03	0,33
1,4	16	15,23	21	31	85%	18,62	35,47			
1,6	16	15,23	21	31	85%	18,62	35,47			
1,8	10	9,52	16	30	74%	14,12	30,88			
2	12	11,42	18	30	77%	15,62	32,48			
2,2	11	9,70	17	30	73%	14,87	31,69			
2,4	11	9,70	17	30	71%	14,87	31,69			
2,6	13	11,46	19	31	73%	16,37	33,25			
2,8	18	15,87	23	31	80%	20,12	36,87			
3	21	18,79	25	32	82%	22,37	38,88			
3,2	20	16,65	25	32	79%	21,62	38,22			
3,4	31	25,81	34	33	92%	29,87	44,92			
3,6	28	23,31	31	33	87%	27,62	43,20			
3,8	28	23,31	31	33	86%	27,62	43,20			
4	27	22,48	30	32	83%	26,87	42,61			
4,2	22	17,12	26	32	76%	23,12	39,52			
4,4	17	13,23	22	31	69%	19,37	36,17			
4,6	12	9,34	18	30	61%	15,62	32,48			
4,8	8	6,23	14	29	54%	12,62	29,20			
5	10	7,78	16	30	57%	14,12	30,88			
5,2	9	6,58	15	30	55%	13,37	30,05			
5,4	6	4,38	13	29	49%	11,12	27,41			
5,6	4	2,92	11	28	45%	9,62	25,49			
5,8	4	2,92	11	28	45%	9,62	25,49			
6	1	0,73	8	27	39%	7,37	22,31			
6,2	1	0,69	8	27	39%	7,37	22,31			
6,4	2	1,38	9	28	40%	8,12	23,42			
6,6	6	4,13	13	29	47%	11,12	27,41			
6,8	7	4,82	13	29	48%	11,87	28,32			
7	4	2,75	11	28	43%	9,62	25,49			
7,2	4	2,60	11	28	42%	9,62	25,49			
7,4	6	3,91	13	29	45%	11,12	27,41			
7,6	7	4,56	13	29	46%	11,87	28,32			
7,8	6	3,91	13	29	44%	11,12	27,41			
8	7	4,56	13	29	46%	11,87	28,32			
8,2	8	4,94	14	29	47%	12,62	29,20			
8,4	8	4,94	14	29	46%	12,62	29,20			
8,6	9	5,56	15	29	47%	13,37	30,05			
8,8	11	6,79	17	30	50%	14,87	31,69			
9	8	4,94	14	29	45%	12,62	29,20			
9,2	9	5,28	15	29	46%	13,37	30,05			
9,4	10	5,87	16	30	47%	14,12	30,88			
9,6	10	5,87	16	30	47%	14,12	30,88			
9,8	13	7,63	19	30	51%	16,37	33,25			
10	12	7,05	18	30	49%	15,62	32,48			
10,2	11	6,16	17	30	48%	14,87	31,69			
10,4	12	6,72	18	30	49%	15,62	32,48			
10,6	11	6,16	17	30	47%	14,87	31,69			
10,8	12	6,72	18	30	48%	15,62	32,48			
11	13	7,28	19	30	49%	16,37	33,25			
11,2	13	6,95	19	30	49%	16,37	33,25			
11,4	12	6,42	18	30	47%	15,62	32,48			
11,6	12	6,42	18	30	47%	15,62	32,48			
11,8	13	6,95	19	30	48%	16,37	33,25			
12	16	8,55	21	30	51%	18,62	35,47			
12,2	13	6,65	19	30	48%	16,37	33,25			
12,4	15	7,68	20	30	50%	17,87	34,75			
12,6	14	7,16	19	30	48%	17,12	34,01			
12,8	11	5,63	17	29	45%	14,87	31,69			
13	7	3,58	13	29	40%	11,87	28,32			
13,2	9	4,42	15	29	42%	13,37	30,05			
13,4	21	10,31	25	31	54%	22,37	38,88			
13,6	23	11,29	27	31	56%	23,87	40,16			
13,8	70	34,35	67	35	88%	59,12	63,20			
14	45	22,08	46	33	72%	40,37	52,23			
14,2	17	8,01	22	30	50%	19,37	36,17			
14,4	10	4,71	16	29	42%	14,12	30,88			
14,6	9	4,24	12	28	36%	10,59	26,75			
14,8	40	18,86	28	31	55%	24,26	40,49			
15	33	15,56	24	31	51%	21,18	37,83			
15,2	47	21,32	31	32	58%	27,35	42,99			
15,4	65	29,48	40	33	66%	35,29	48,83			
15,6	86	39,00	51	33	74%	44,56	54,87			
15,8	63	72,69	39	32	64%	34,41	48,22			
16	91	104,99	53	34	75%	46,76	56,21			
16,2	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto	Rifiuto			

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019 8051402 - P.IVA 01140240090

ALLEGATO 4

SEZIONE GEOTECNICA SEMPLIFICATA



ALLEGATO 5

VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

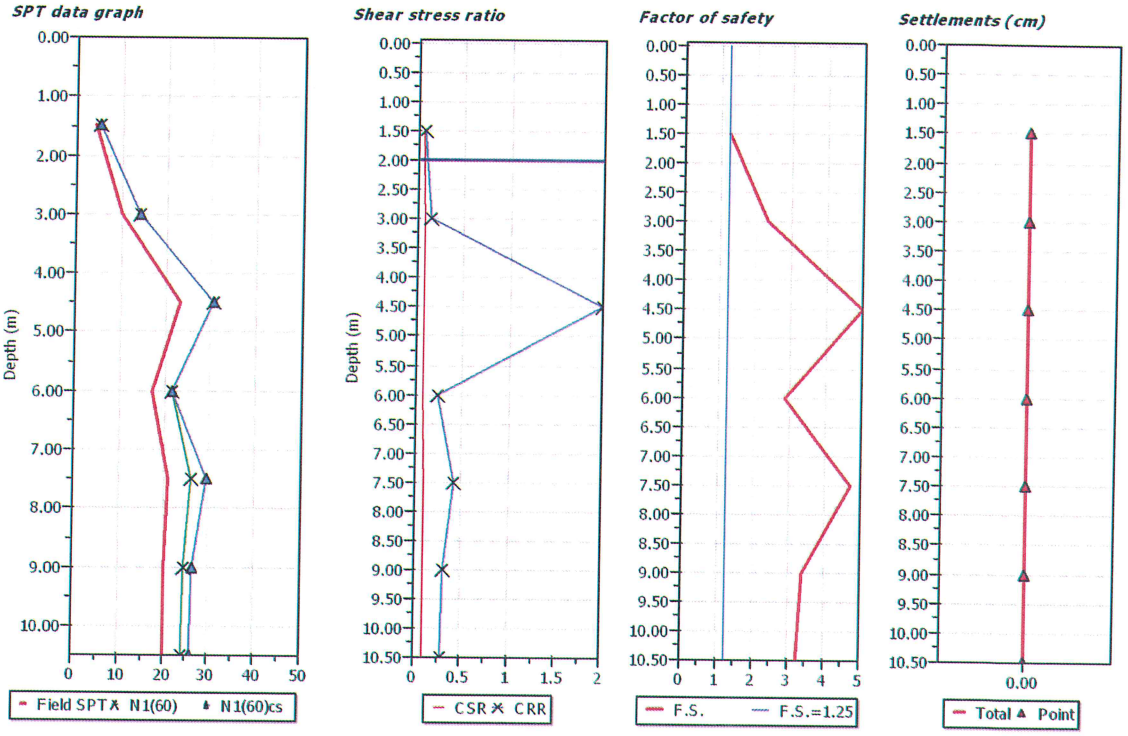
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

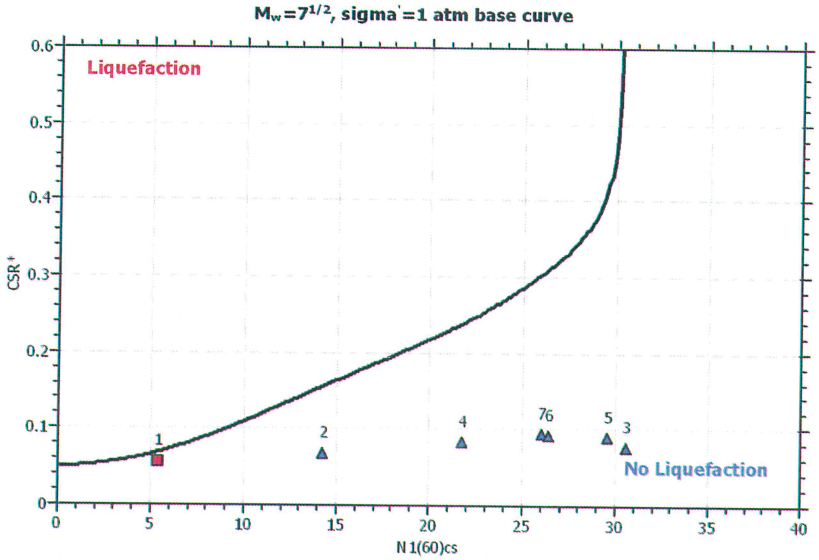
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : SA

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

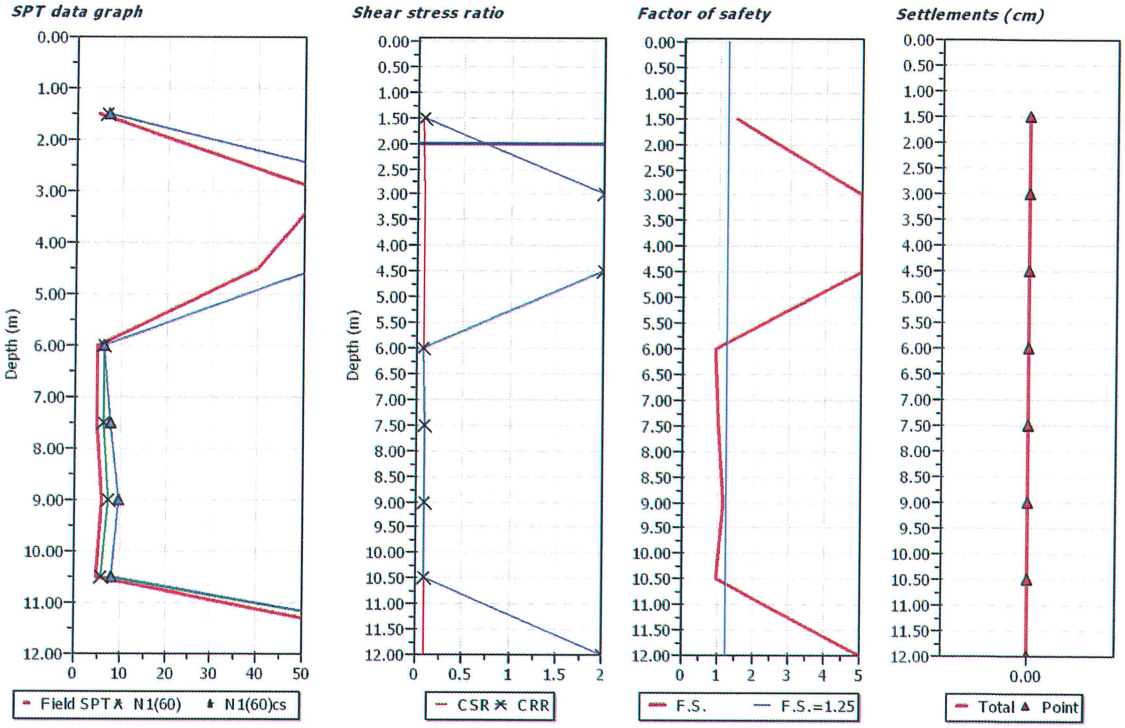
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

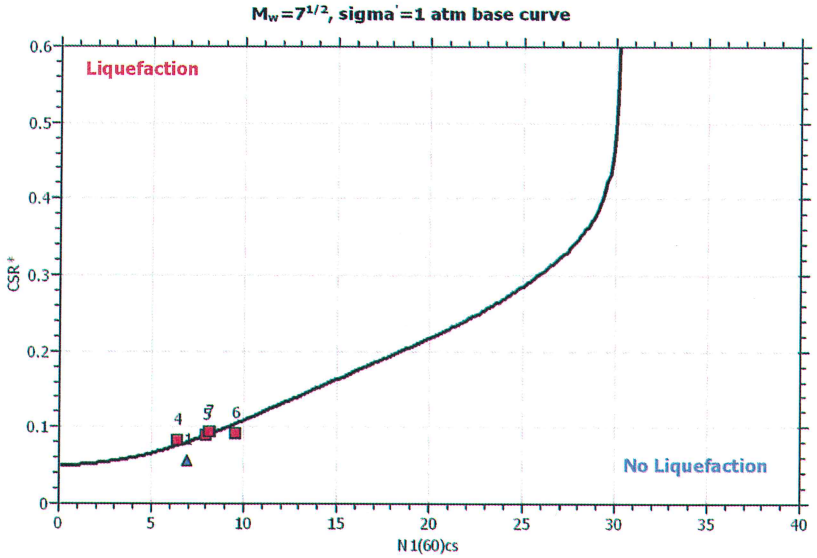
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : SB

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 019805420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it.it

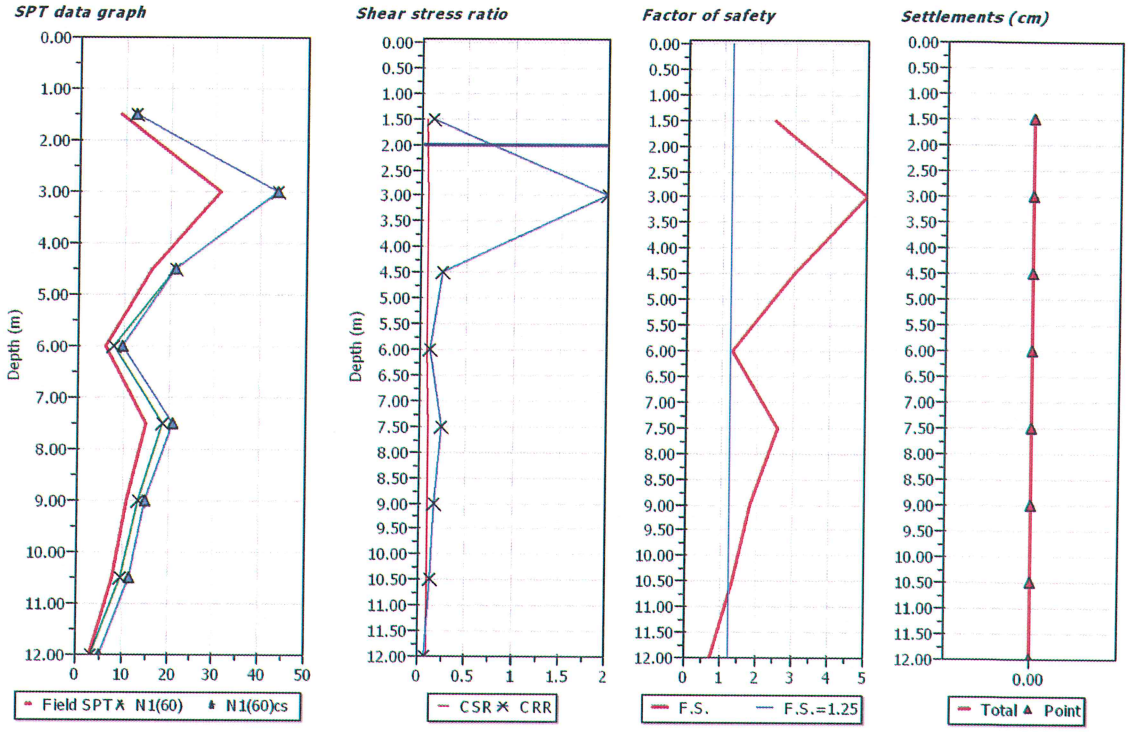
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

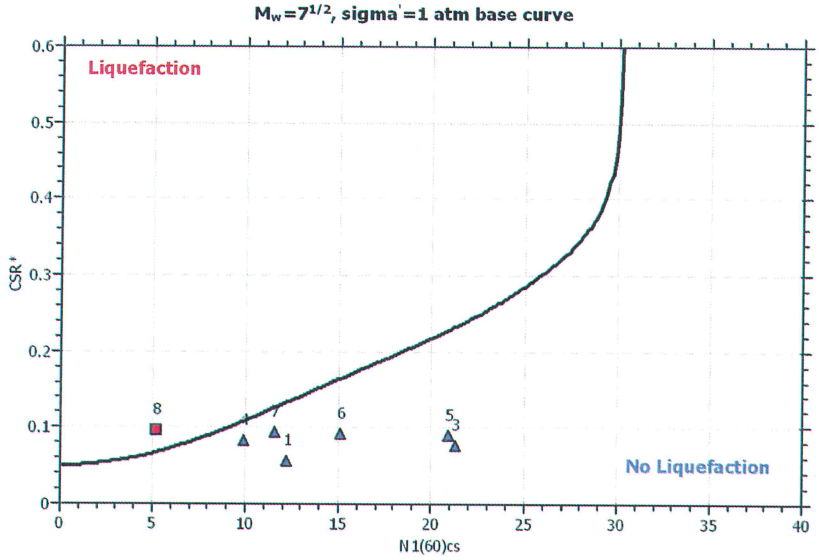
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : SC

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





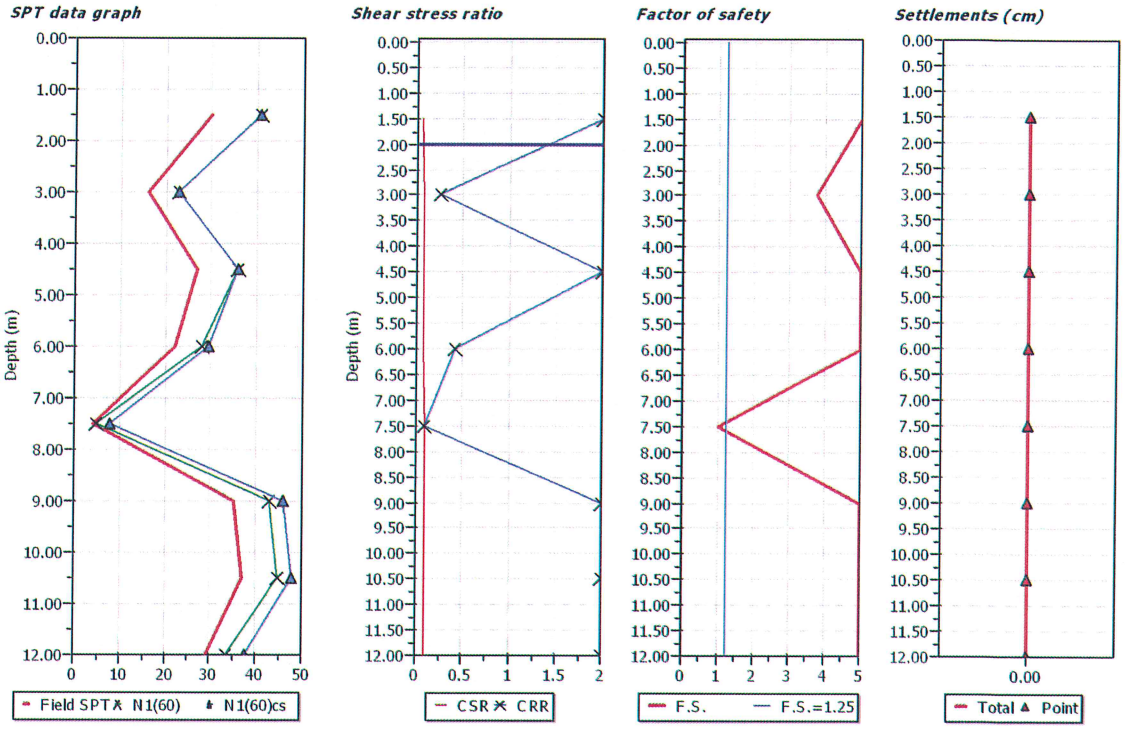
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

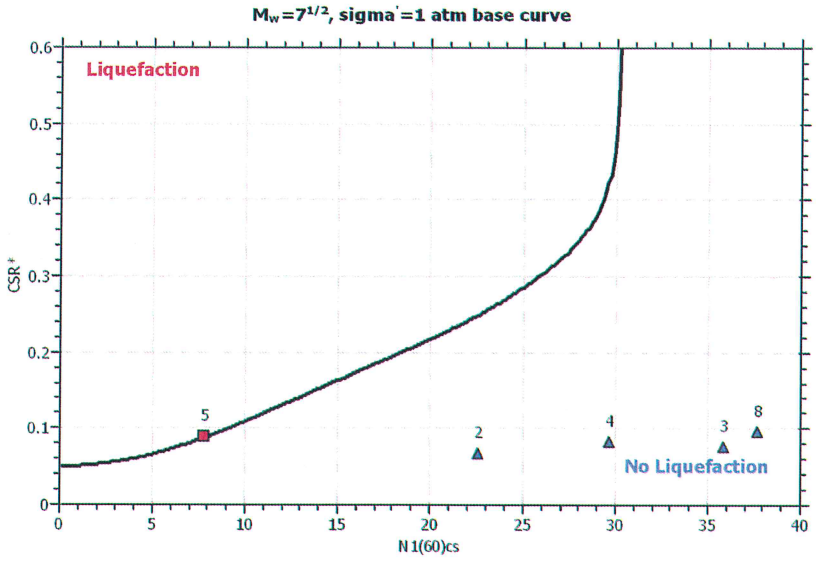
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : SD

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





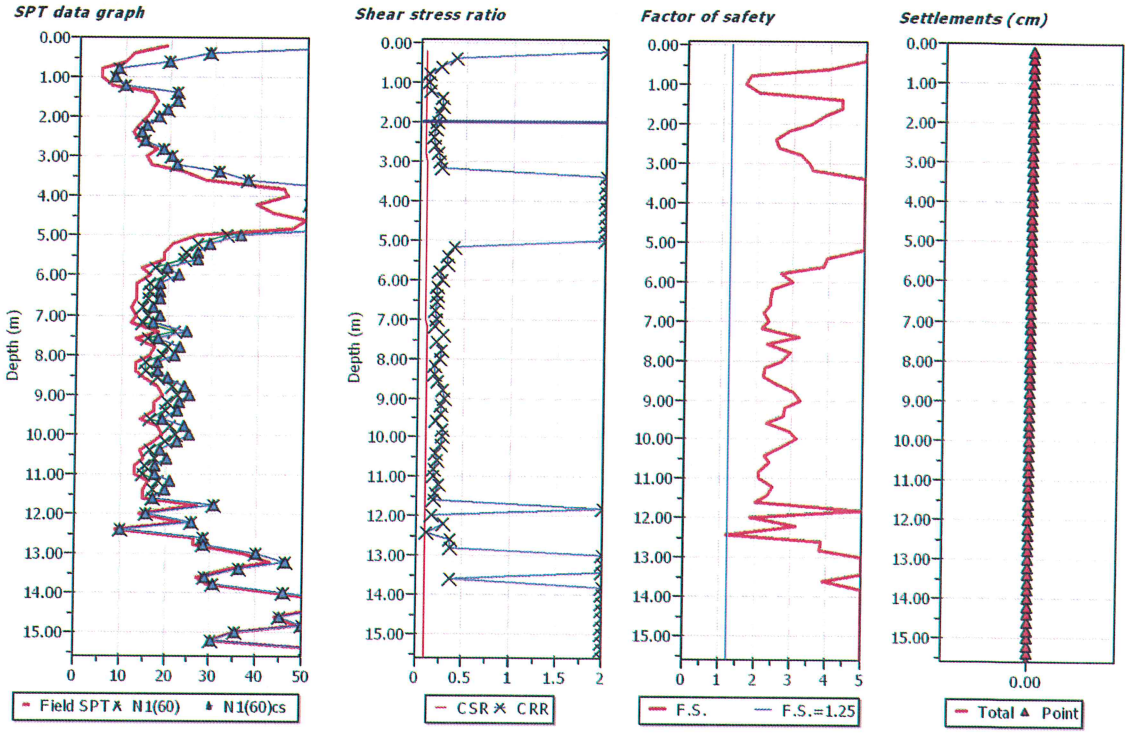
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

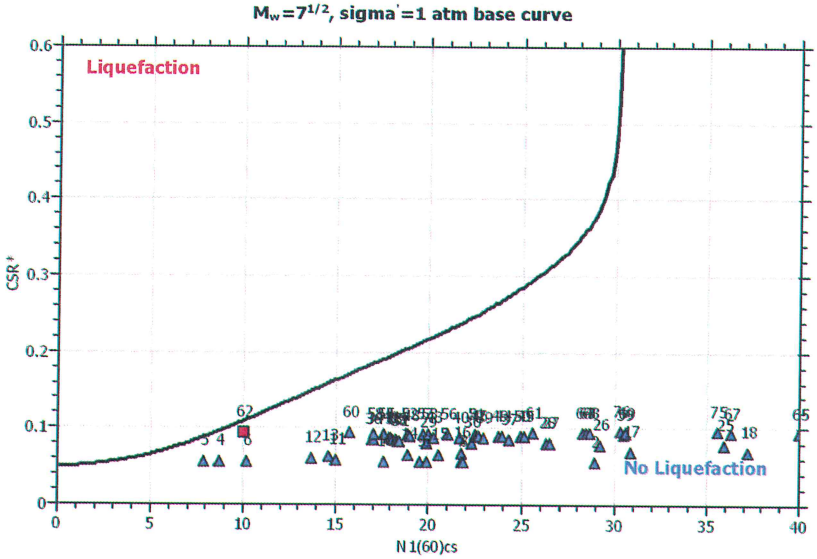
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : DPSH1

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0182051420 – P. IVA: 01148240092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

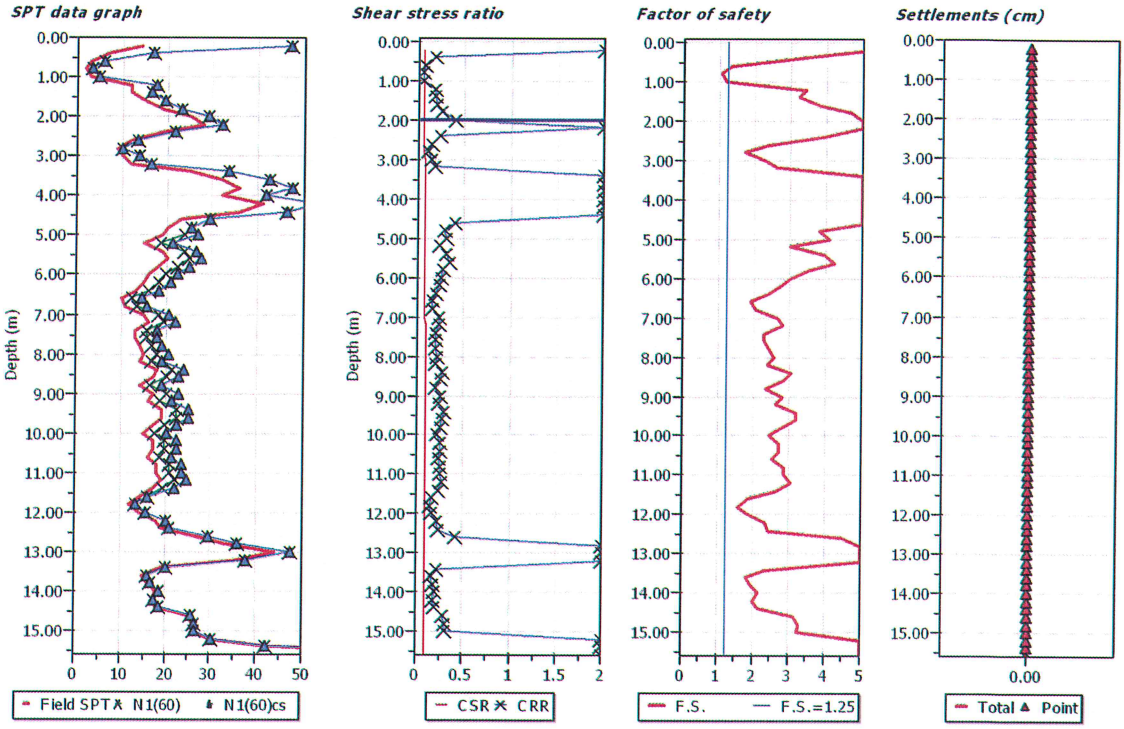
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

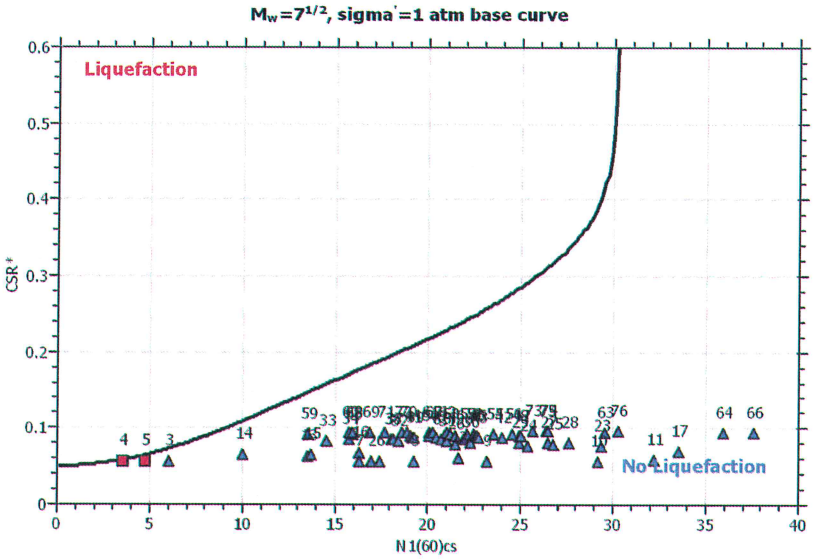
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : DPSH2

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 0182051420 - P. IVA: 01148260092 - e-mail: geolab@studiogeolab.it

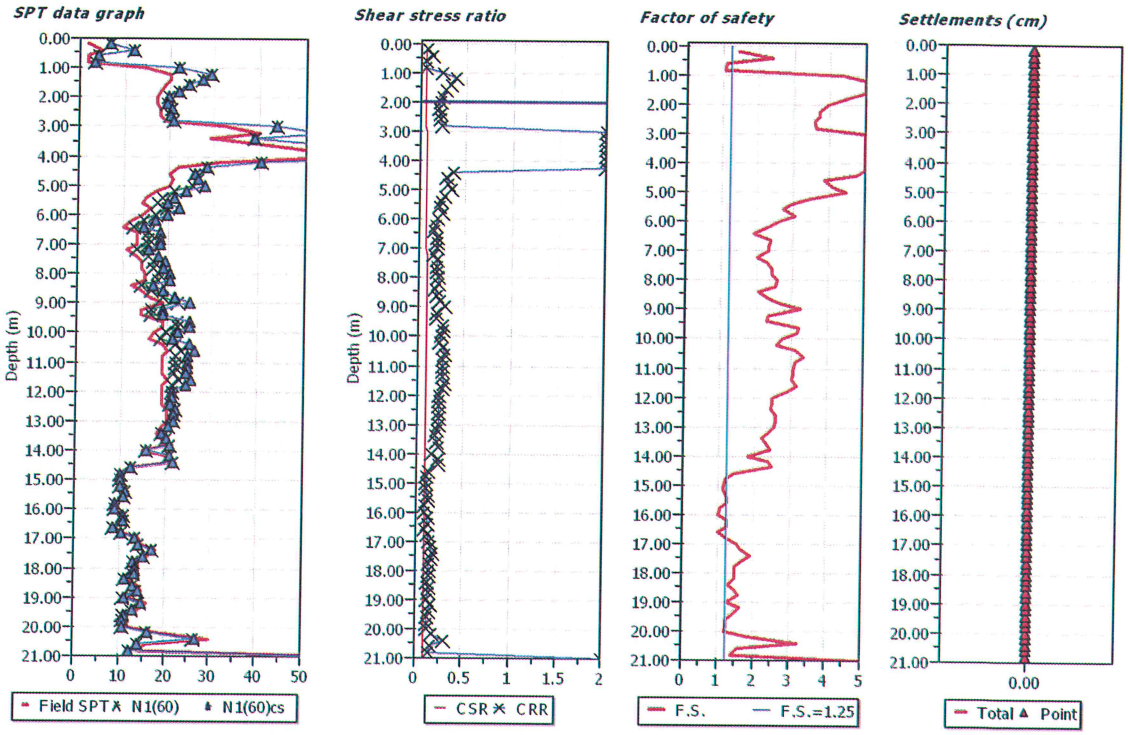
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

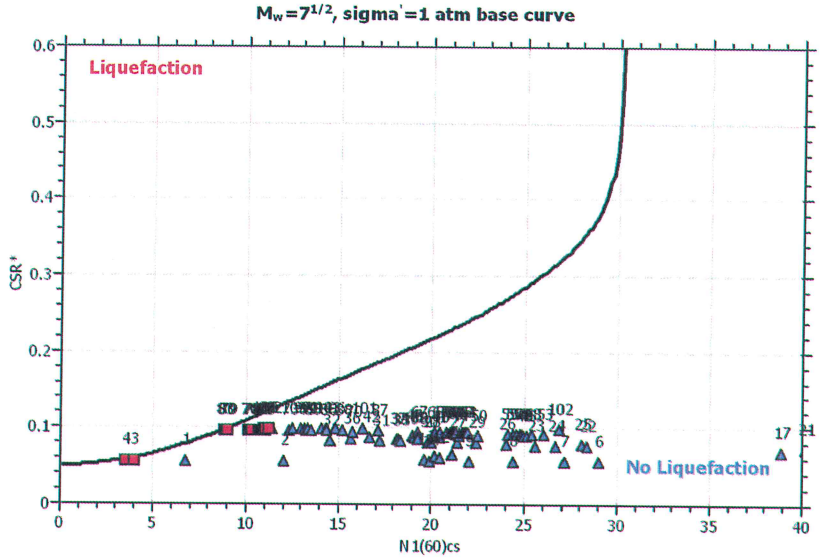
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : DPSH2

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019 8051400 - P.IVA 01148040090

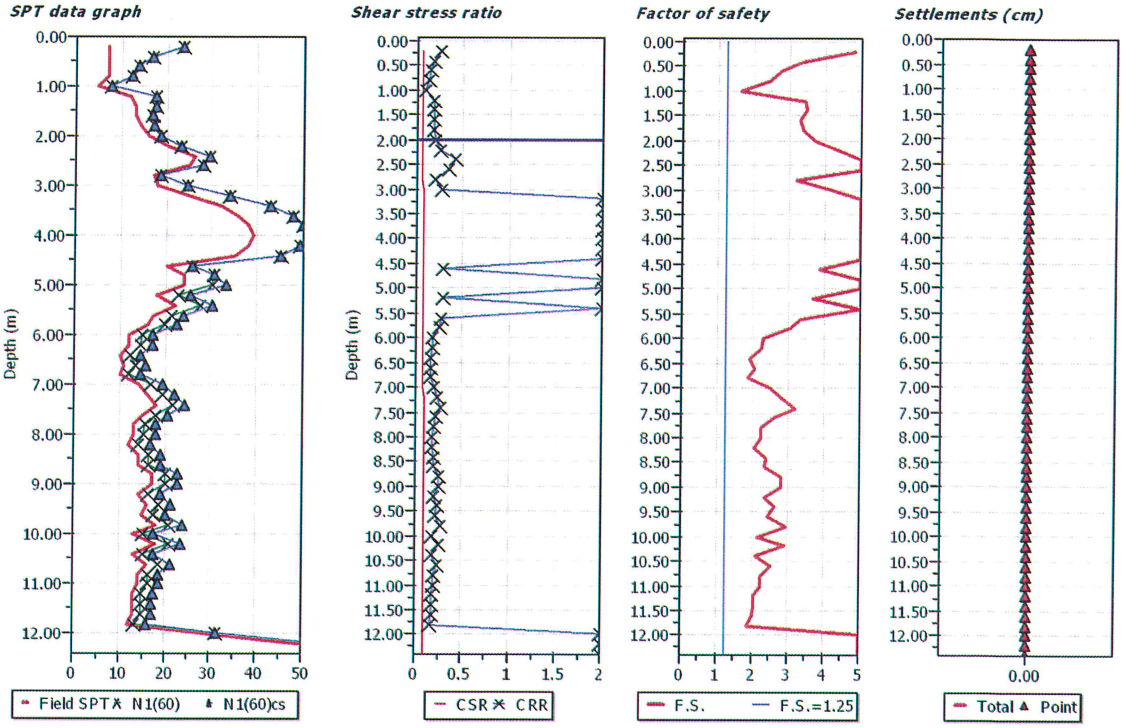
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

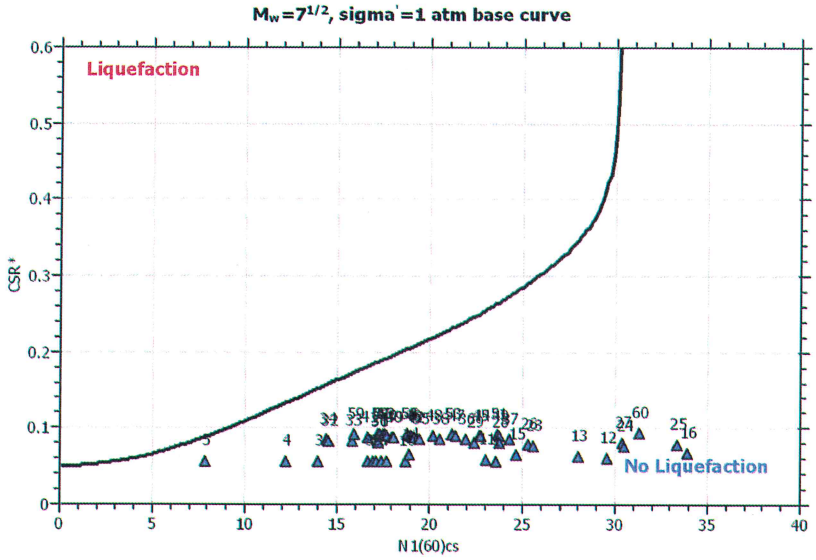
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : DPSH4

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





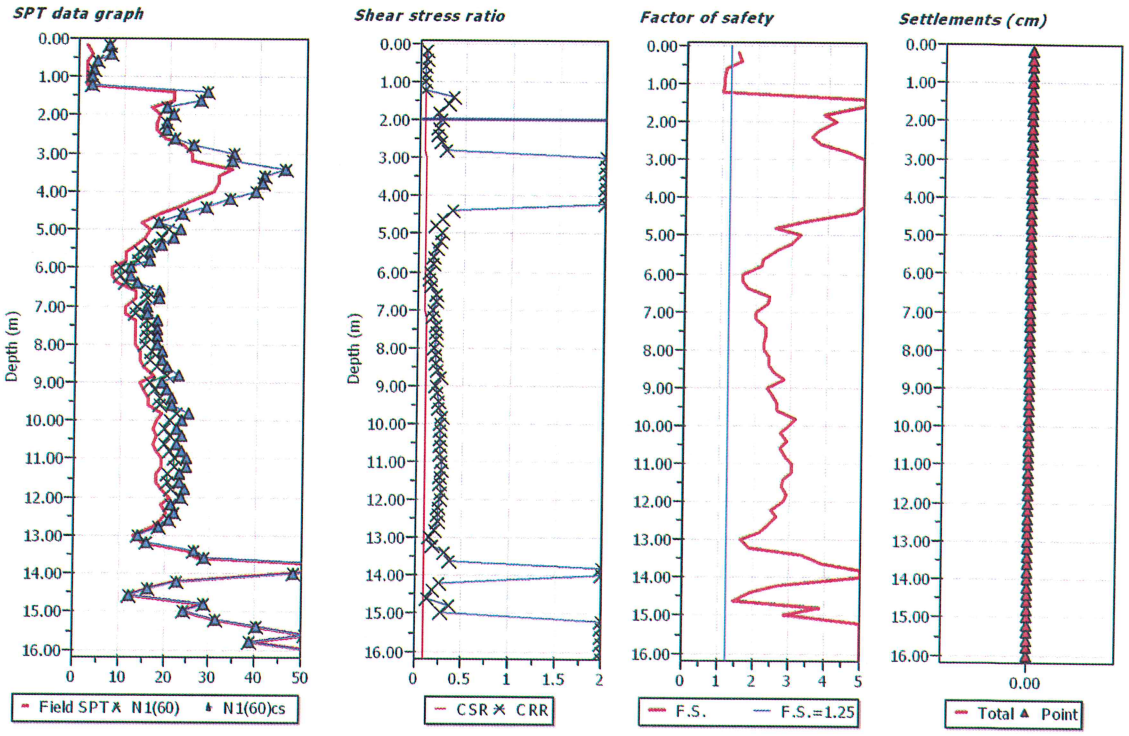
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

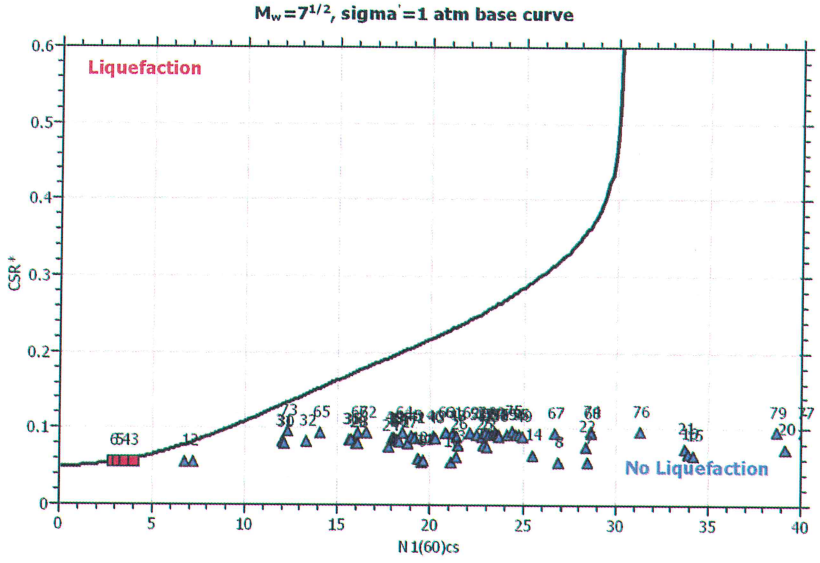
Project title : Cantieri navali Rodriquez

Project subtitle : DPSH5

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00





Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0182051420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

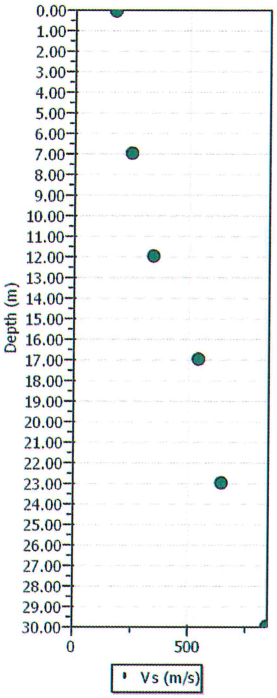
Project title : Cantieri Navali Rodriquez

Project subtitle : Profilo di Vs

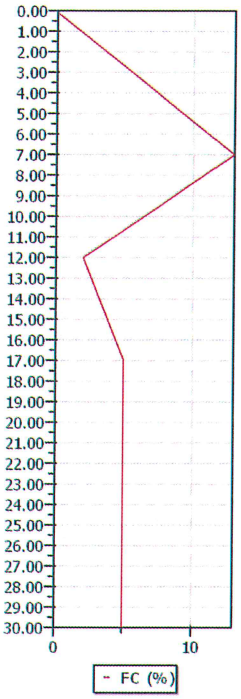
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.37
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground accelaration:	0.17 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00

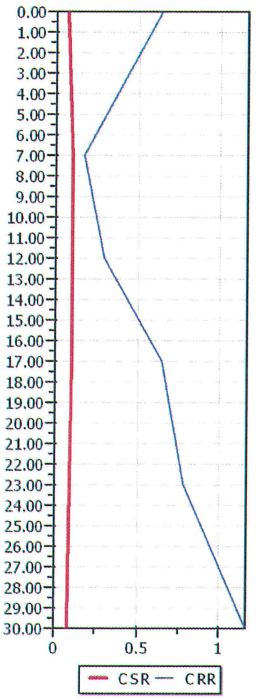
Vs data graph



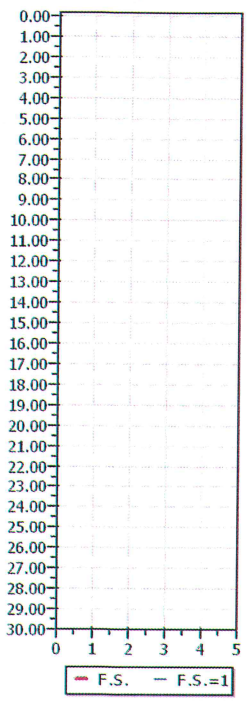
Fines content

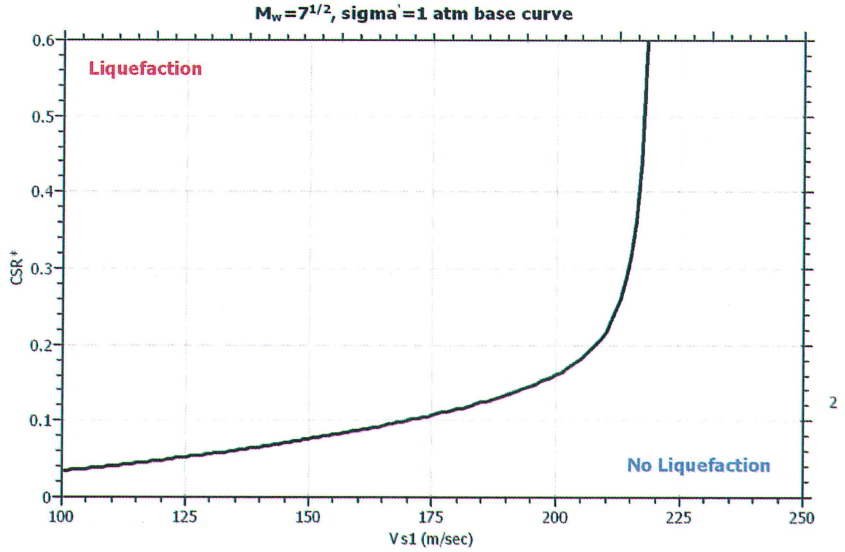


Shear stress ratio



Factor of safety



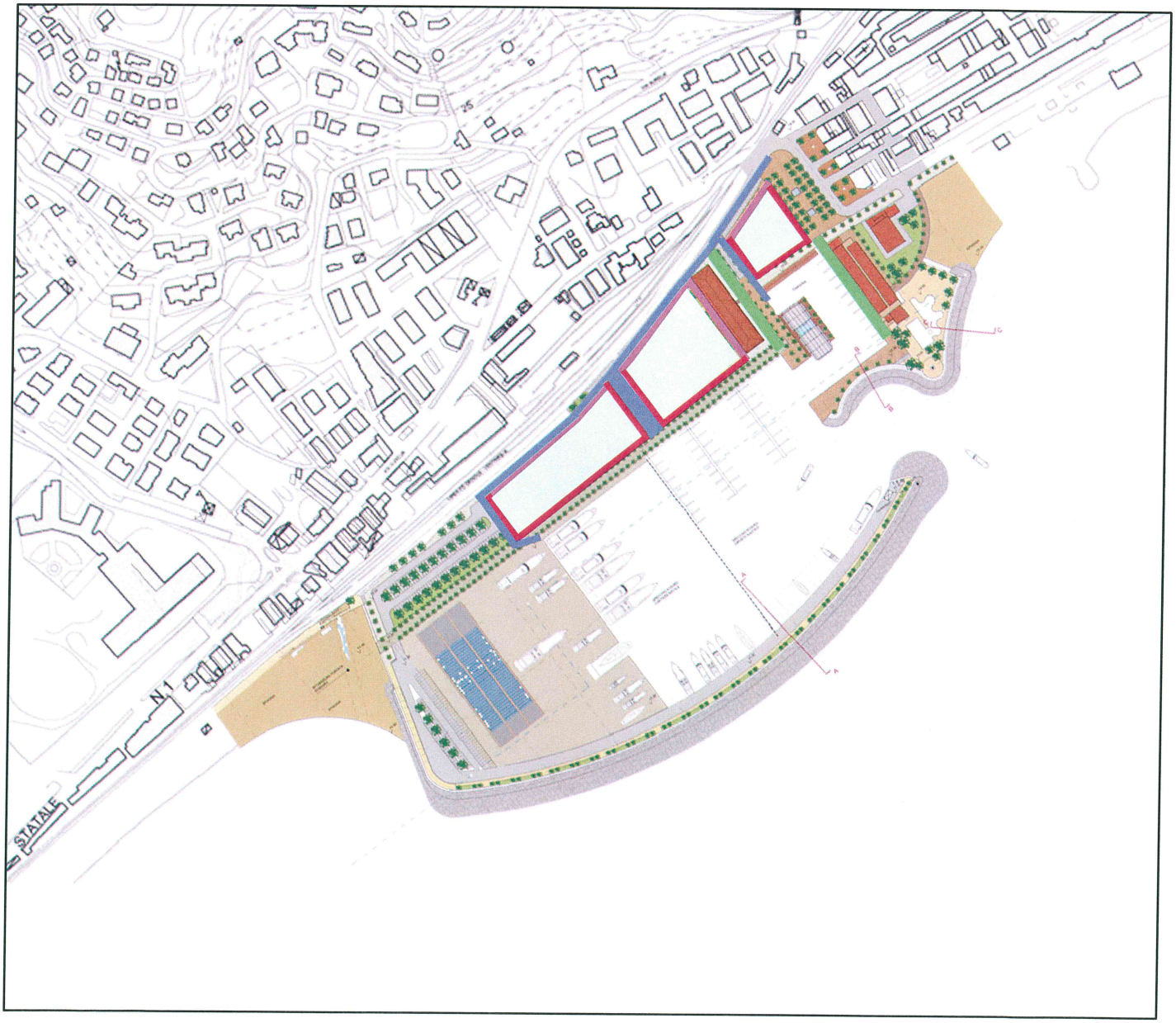


Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0182051420 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it.it

ALLEGATO 6

INDIVIDUAZIONE PRINCIPALI OPERE GEOTECNICHE

	Diaframmi semplici
	Diaframmi tirantati
	Tamponi di fondo in jet grouting
	Consolidamenti in jet grouting
	Trincee drenanti



ALLEGATO 7

UBICAZIONE NUOVE INDAGINI/MONITORAGGI

★	Indagini geognostiche di raffittimento
■	Indagini CPT
▬	Paratie da strumentare
▲	Punti di monitoraggio della falda

