



00	Novembre 2014	PRIMA EMISSIONE	S.J.S. Engineering s.r.l.
REVISIONE	DATA	MOTIVAZIONE	PROPONENTE

Stazione appaltante



AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE

Incarico

**PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

Livello progettuale

PROGETTO DEFINITIVO

Soggetto attuatore



Titolo

**RELAZIONE GEOTECNICA E
SISMICA**

Area code

0129 TST

Title code

01003-00

Check

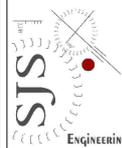
R00

Job code

C-01

Progettazione

S.J.S. Engineering s.r.l.



*Roma (00187)
Via Collina, n. 36
Taranto (74123)
P.zza Castel S. Angelo, n.11
Mosca (123242)
Krasnaya Presnaya
st. 22 - Ufficio 3

Certified office*
COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001 =

Il Responsabile del Procedimento

Il Direttore Tecnico
Ing. Michelangelo Lentini

Progettisti

**Ing. B. Lentini
Ing. A. Porretti
Ing. R. Isola
Ing. M. Filippone
Dott. Geol. G. Cardinali
Dott.ssa V. Colosimo
Ing. L. Drago
Ing. P. Semeraro**

Prof. Giuseppe Sappa

Edited

Sappa

Checked

ML

Date

Novembre 2014

Filename

0129TST01003-00-R00.doc

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 1	Di 87

INDICE

1. PREMESSA.....	6
2. CENNI DI INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	9
3. CARATTERISTICHE SISMICHE DELLA ZONA.....	16
4. SINTESI DEI RISULTATI D'INTERESSE RELATIVI ALLE CAMPAGNE DI INDAGINI PREGRESSE.....	21
4.1 PREMESSA	21
4.2 CAMPAGNA DI INDAGINE 1967 E 1983	25
5. DESCRIZIONE NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINE OTTOBRE - NOVEMBRE 2014	29
6. SINTESI RISULTATI NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINE OTTOBRE 2014	31
6.1 RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT	34
6.2 RISULTATI RILIEVO BATIMETRICO MULTIBEAM	36
6.3 RISULTATI PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE	37
6.4 RISULTATI RILIEVO MAGNETOMETRICO	39
6.5 RISULTATI RILIEVO SIDE SCAN SONAR	40
7. PRINCIPALI PROBLEMATICHE DI NATURA GEOTECNICA	41
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMI GEOTECNICI DI CALCOLO	43
8.1 PREMESSA	43
8.2 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ STRATIGRAFICHE SIGNIFICATIVE DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO	44
8.3 SEZIONI STRATIGRAFICHE TRASVERSALI E LONGITUDINALI DI RIFERIMENTO	44
8.4 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	45
8.5 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....	47
8.6 ATTRIBUZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE (O.P.C.M. 3274/2003 E S.M.I.)	50
8.7 VALUTAZIONE DEI CARICHI DOVUTI AL SISMA.....	52
9. DIMENSIONAMENTO DEI PALI A FORZE VERTICALI	54
9.1 PREMESSA	54

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 2	Di 87

9.2	CARICO LIMITE ALLE AZIONI VERTICALI	54
9.3	COEFFICIENTE DI SICUREZZA E STATO LIMITE ULTIMO.....	57
9.4	CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	61
9.5	ESITO DELLE VERIFICHE SVOLTE A FORZE VERTICALI	62
9.5.1	Carichi e schemi geotecnici di riferimento.....	62
9.5.2	Ipotesi di calcolo	64
9.5.3	Output di calcolo resistenza	64
9.5.4	Output di calcolo cedimenti.....	67
10.	DIMENSIONAMENTO DEI PALI A FORZE ORIZZONTALI.....	68
10.1	PREMESSA	68
10.2	CARICO LIMITE ALLE AZIONI ORIZZONTALI	68
10.3	COEFFICIENTE DI SICUREZZA E STATO LIMITE ULTIMO.....	72
10.4	CONDIZIONI DI ESERCIZIO	75
10.5	ESITO DELLE VERIFICHE SVOLTE A FORZE ORIZZONTALI	80
10.5.1	Carichi e schemi geotecnici di riferimento.....	80
10.5.2	Ipotesi di calcolo	81
10.5.3	Output di calcolo resistenza	81
10.5.4	Output di calcolo esercizio.....	82
10.6	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO	83
11.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	85
12.	RIFERIMENTI NORMATIVI	85
13.	ELENCO ALLEGATI	87

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 3	Di 87

INDICE TABELLE

Tabella 1 Stati limite e relativa probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	17
Tabella 2 Valori dei parametri per diversi tempi di ritorno.....	18
Tabella 3 Parametri sismici su suolo tipo E.....	19
Tabella 4 Identificazione sondaggi in base all'anno di esecuzione.....	21
Tabella 5 Valori dei parametri geotecnici delle formazioni secondo il piano regolatore portuale del porto di Trieste (2010).....	23
Tabella 6 Valori dei parametri geotecnici delle formazioni dell'area compresa tra lo scalo legnami e l'ex Italsider.....	24
Tabella 7 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 1983.....	27
Tabella 8 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 1967.....	28
Tabella 9 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 2014.....	34
Tabella 10 Risultati prove SPT.....	35
Tabella 11 Parametri geotecnici di calcolo.....	46
Tabella 12 Attribuzione degli indici parziali per la determinazione dell'RMR (R1-resistenza a compressione; R2-RQD; R3-spaziatura delle discontinuità, R4-condizione delle discontinuità, R5-condizioni idrauliche).....	47
Tabella 13 Valutazione dei parametri di resistenza dell'ammasso in relazione all'indice RMR (Bieniawski).....	48
Tabella 14 Categorie di suolo di fondazione di cui all'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i.....	50
Tabella 15 Sintesi campagna del 2014 per attribuzione categoria di suolo di fondazione.....	51
Tabella 16 Valori del coefficiente β	53
Tabella 17 Valori di α in funzione di c_u (AGI 1984).....	56
Tabella 18 Valori di α in funzione di c_u (Viggiani 1999).....	56
Tabella 19 Coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili, sismiche).....	58
Tabella 20 Coefficienti da applicare alle resistenze laterali e di base.....	59
Tabella 21 Coefficienti ξ in funzione delle verticali indagate.....	60

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 4	Di 87

Tabella 22 Carichi max permanenti e variabil al netto del peso del palo. (evidenziate in giallo i valori dei carichi considerati)	62
Tabella 23 Risultati della verifica dei pali a forze verticali, per diverse condizioni di carico e diversi schemi geotecnici di calcolo	65
Tabella 24 Coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili, sismiche)	73
Tabella 25 Coefficienti parziali da applicare alla resistenza trasversale	74
Tabella 26 Coefficienti ξ in funzione delle verticali indagate	74
Tabella 27 Valori stimati dei coefficienti di Winkler orizzontale e verticale	79
Tabella 28 Carichi orizzontali max permanenti e variabili	81
Tabella 29 Output verifiche pali a forze orizzontali (resistenza)	82
Tabella 30 Output verifiche analitiche a forze orizzontali (deformazioni).....	83
Tabella 31 Risultati della verifica della compatibilità geotecnica dell'intervento di riqualificazione	84

INDICE FIGURE

Figura 1 Ubicazione planimetrica dell'area di intervento (in rosso) su Carta Regionale Numerica al 25.000, Foglio 110 SO Trieste, fuori scala.....	7
Figura 2 Ubicazione planimetrica dell'area di intervento (in rosso) su Carta Regionale Numerica al 5.000, Foglio 110144 Trieste Sud-Ovest, fuori scala.....	8
Figura 3 Inquadramento geologico del golfo di Trieste.....	9
Figura 4 Schema geologico strutturale del Carso triestino	11
Figura 5 Stralcio della carta geologica d'Italia (1:100.000)- Foglio 53 a Trieste	14
Figura 6 Grafici dei parametri sismici in funzione del tempo di ritorno.....	18
Figura 7 Spettri di risposta elastici funzione degli stati limite	20
Figura 8 Planimetria dei punti di indagine geognostica campagne dal 1963 al 2014.....	22
Figura 9 Planimetria dei punti di indagine geognostica campagna del 2014	29
Figura 10 Risultati del rilievo batimetrico multibeam	36

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 5	Di 87

Figura 11 Risultati della prospezione sismica a riflessione	38
Figura 12 Risultati del rilievo magnetometrico	39
Figura 13 Risultati rilievo side scan sonar	40
Figura 14 Determinazione dell'indice GSI dell'ammasso roccioso- FLYSCH.....	48
Figura 15 Diagramma semplificato distribuzione resistenza terreno coesivo ad azione H (Broms, 1964).....	69
Figura 16 Meccanismi di rottura del complesso palo-terreno.....	70
Figura 17 Diagramma semplificato distribuzione resistenza terreno granulare ad azione H (Broms, 1964).....	71

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 6	Di 87

1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica si riferisce al Progetto Definitivo del *Prolungamento del Molo VII* del Porto (Punto) Franco Nuovo, ubicato nel Bacino E.F. Duca D'Aosta del Porto di Trieste (Fig.1), così come previsto dal nuovo Piano Regolatore Portuale, le cui banchine sono attrezzate per il traffico con il sistema dei containers.

Il Piano Regolatore del Porto di Trieste, redatto nel 1957 dal Commissariato Generale del Governo per il Territorio di Trieste, Direzione Lavori Pubblici, Ufficio del Genio Civile Sezione Opere Marittime in base alla L. 1177/21, è stato nel tempo superato da numerose varianti e sottovarianti relative ad interventi in gran parte realizzati.

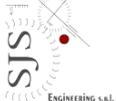
La redazione di un nuovo Piano Regolatore è risultata necessaria per avere un aggiornato e condiviso strumento pianificatorio dello sviluppo del porto, in particolare a seguito della approvazione con Decreto del Presidente della Regione in data 10/09/2007, della "*Variante Generale al Piano Regolatore Portuale per l'Ambito del Porto Vecchio*", recepita integralmente con i relativi elaborati.

Il Molo VII costituisce l'intervento più rilevante tra quelli previsti dal PRP del 1957, allora in fase di studio e realizzato in due fasi successive con la stessa tipologia strutturale, ricorrendo a banchine a giorno realizzate su pali e piastre.

L'intervento in oggetto, ossia il prolungamento di 100 m in testata del Molo VII è conforme al nuovo PRP approvato con parere favorevole nel maggio del 2010 dal CSLLPP, essendo uno degli obiettivi del piano, lo sviluppo del traffico containerizzato localizzato nel Molo VII.

Nel seguito dopo una breve descrizione di inquadramento geologico, morfologico, idrogeologico e sismico della zona in questione, sulla base d'informazioni bibliografiche integrate da rilievi di campo, indagini geognostiche dirette ed indirette eseguite in diverse fasi temporali per opere e progetti poste entro e nell'intorno dell'area di interesse, viene illustrata e motivata la scelta degli schemi geotecnici adottati per il calcolo, unitamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere in progetto elaborata con particolare riferimento agli esiti della campagna di indagini geognostiche effettuata ad hoc nella campagna di autunno 2014.

Infine è riportata la trattazione relativa alla verifica e al dimensionamento geotecnico definitivo dell'opera in progetto.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 7 Di 87

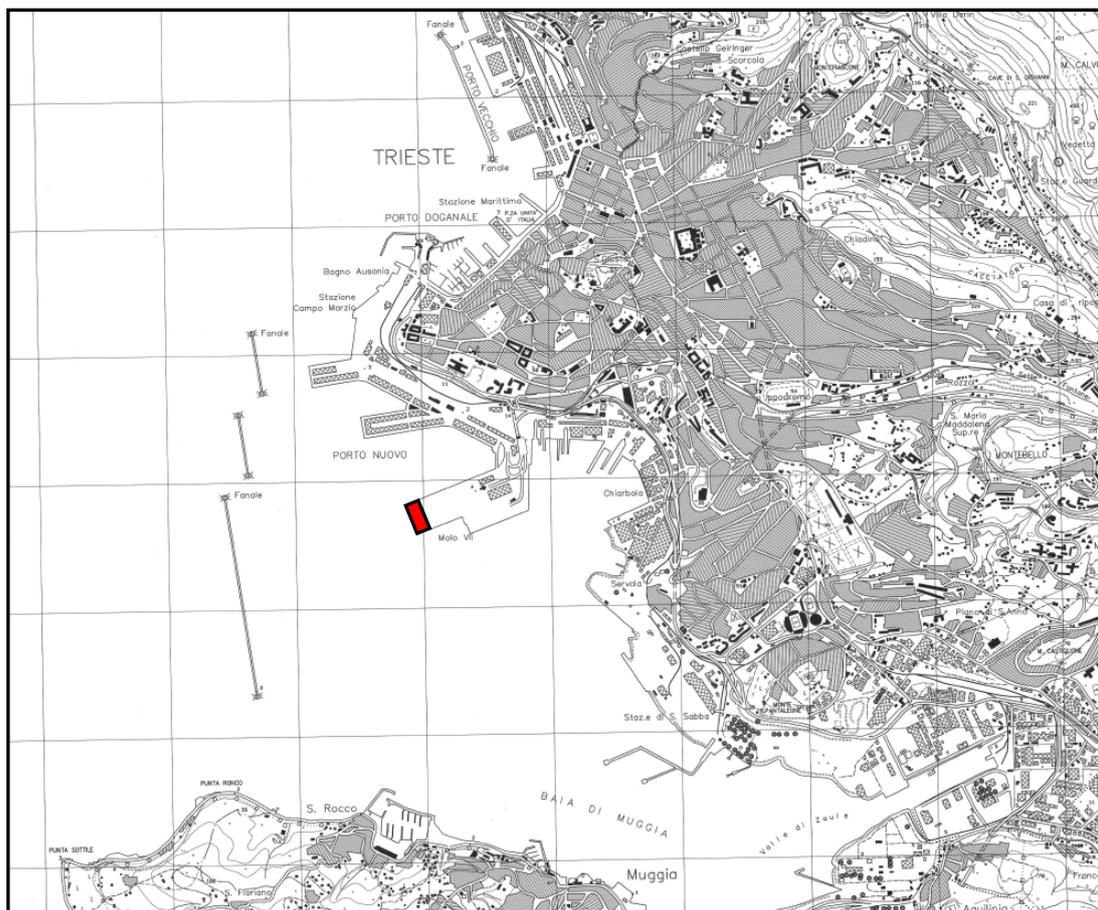
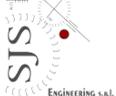


Figura 1 Ubicazione planimetrica dell'area di intervento (in rosso) su Carta Regionale Numerica al 25.000, Foglio 110 SO Trieste, fuori scala

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 8 Di 87

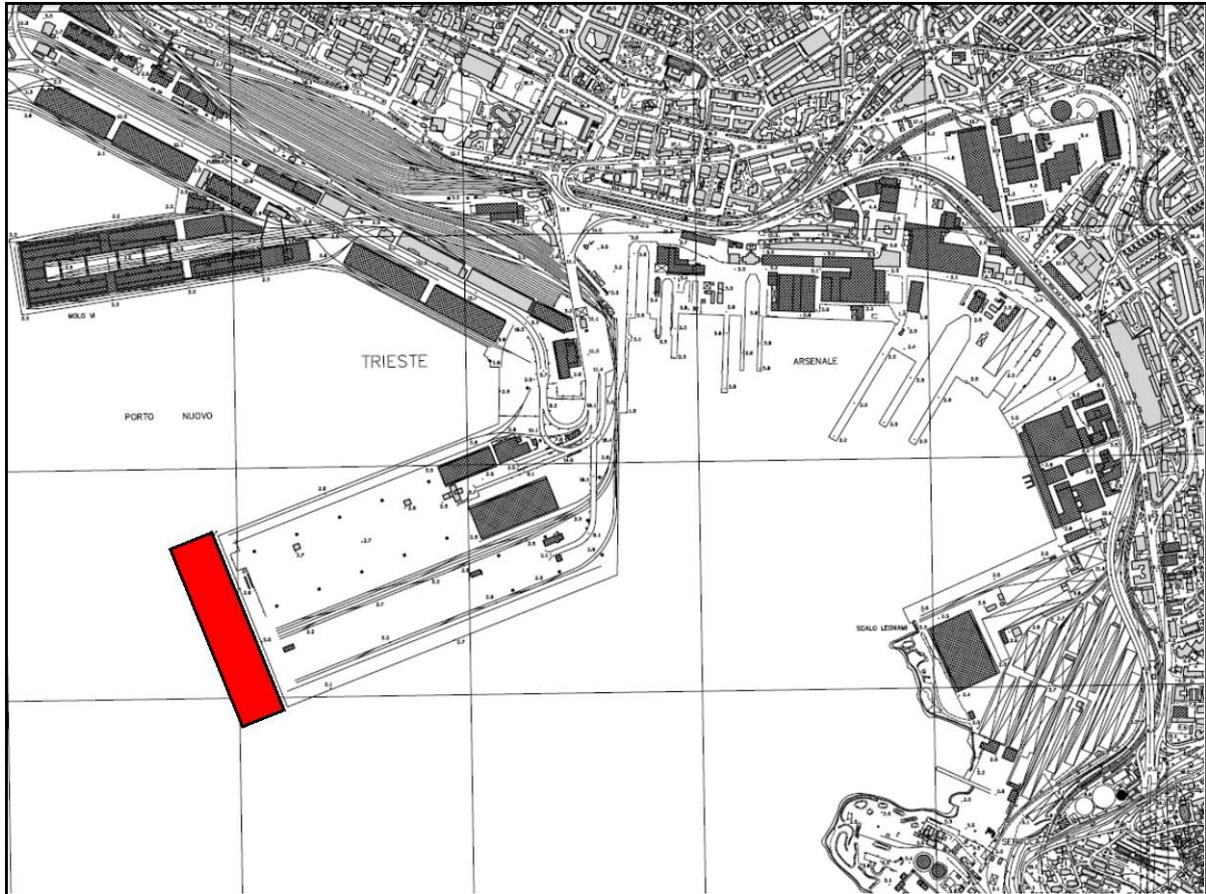


Figura 2 Ubicazione planimetrica dell'area di intervento (in rosso) su Carta Regionale Numerica al 5.000, Foglio 110144 Trieste Sud-Ovest, fuori scala

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 9	Di 87

2. CENNI DI INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'intervento in progetto si inserisce nell'area del Golfo di Trieste, uno specchio d'acqua poco profondo (profondità media di 16 m e massima di 25 m), con superficie di circa 550 kmq, ubicato nella parte nord-orientale del Mare Adriatico, contornato in senso antiorario dalle coste alte della penisola istriana, dall'altopiano carsico e quindi dalle coste basse, definite da una successione di delta e lagune connesse alla piana alluvionale dei principali fiumi veneto-friulani e, in particolare, ad Oriente dall'Isonzo e ad Occidente dal Tagliamento. Verso Ovest è aperto al Golfo di Venezia.

Il Porto di Trieste occupa la stretta fascia costiera che separa la città dal mare e si spinge verso Sud Est occupando la parte settentrionale della Baia di Muggia, nella quale trova sede la zona industriale. Il territorio comunale di Trieste è caratterizzato da ambienti geologici differenti, ma, geneticamente, legati al processo di evoluzione locale (Figura 2).

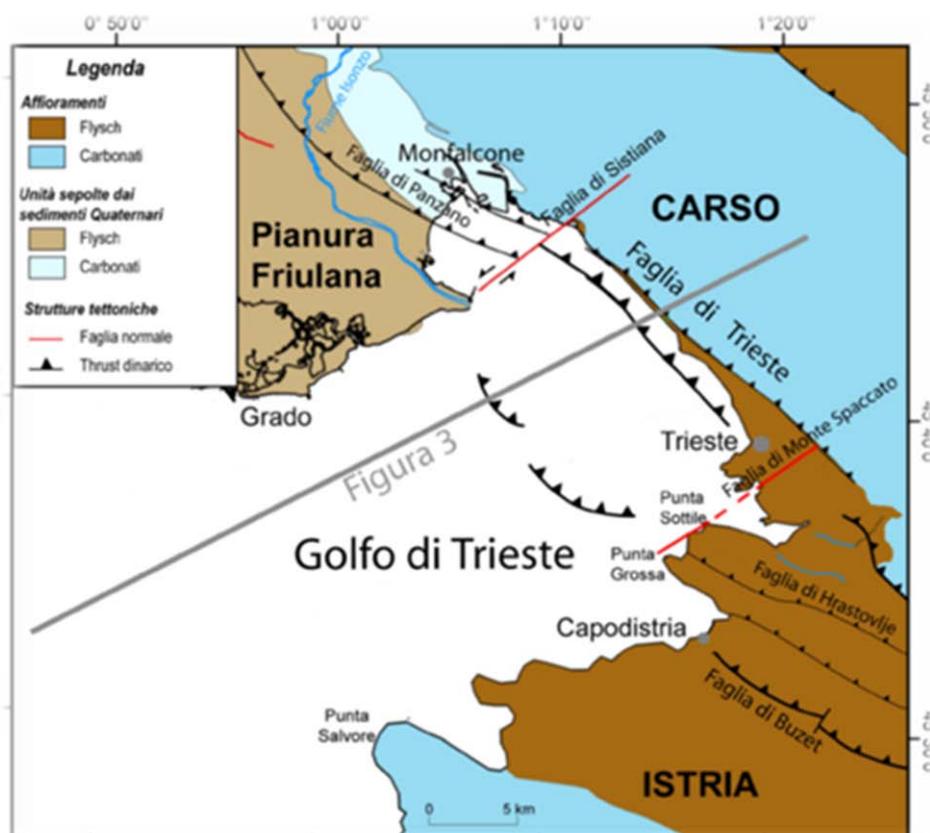


Figura 3 Inquadramento geologico del golfo di Trieste

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 10	Di 87

Su tutta la costa adriatica orientale, in particolar modo lungo la costa istriana, si è verificata la sommersione della pianura quaternaria che occupava la parte settentrionale dell'Adriatico. La geomorfologia di queste aree è quindi condizionata dall'ingressione marina e la parte terminale della valli calcaree carsiche è stata invasa dalle acque marine, formando talvolta dei canali (es. Leme), mentre nelle valli caratterizzate dal complesso flyschoidale, che presenta rocce più erodibili, l'azione marina ha determinato la formazione di ampi golfi come quelli di Trieste, Muggia e Pirano, nei quali la parte più interna ha perduto la forma originale a causa dei depositi alluvionali portati dai corsi d'acqua.

Sul Carso triestino affiora una potente successione carbonatica continua che in territorio italiano va dall'Aptiano p.p., all'Eocene inferiore p.p. Ad essa soggiace una sequenza clastica, riferibile sempre all'Eocene inferiore, formata da alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche e marne in facies torbida ("Flysch eocenico") sulle quali sorge la città di Trieste. Il contatto calcari-Flysch è talora discordante e segnato da conglomerati impregnati di idrossidi ferrici che dovrebbero documentare una lacuna di emersione di brevissima durata tra i depositi di piattaforma dell'Eocene inferiore e le torbide del Flysch. Strutturalmente la sequenza è disposta ad anticlinale con asse ad orientazione NW-SE, cioè dinarica, il cui fianco sud-occidentale si affaccia con i termini carbonatici da molto inclinati a sub-verticali tendenti al rovesciamento.

L'assetto strutturale del Flysch è più complesso, solo localmente ed in aree limitate alle spalle della città si presenta in successione stratigrafica con la serie carbonatica sottostante, mentre altrove il contatto e la stratificazione sono totalmente mascherati dall'antropizzazione operata sull'area. Il "Flysch di Trieste" è una formazione costituita da un'alternanza di livelli di marne siltose ed arenarie con spessori variabili. All'interno della formazione sono state riconosciute facies arenacee (FTa), arenaceo - marnose (FT) e facies prevalentemente pelitiche (FTb). Agli strati transizionali è stata attribuita la sigla FTc.

All'interno delle facies prevalentemente arenacee è spesso possibile distinguere due sottotipi:

- facies a strati arenacei con spessori pluridecimetrici (da 1/2 metro ad anche 2 metri).
- facies a strati sempre prevalentemente arenacei, ma con spessori più ridotti, da centimetrici a 20 cm.

L'assetto geologico-strutturale dell'area triestina è stato interpretato come una piega anticlinale passante a sinclinale lungo il fianco Sud-occidentale, che localmente diventa quasi una fessura, mentre altri teorizzano che l'area faccia parte di un'unità definita "Piattaforma di Komen", che costituisce un complesso sovrascorso sull'autoctono presente a Sud-Ovest. Tuttavia, è unanimemente riconosciuto che la genesi della struttura sia riconducibile all'orogenesi Alpino-Dinarica, ben rappresentata nell'area da due diversi "trend" tettonici, definiti "Sistema Dinarico", ad andamento NO-SE e "Sistema anti-Dinarico", ad andamento NE-SO. Tale assetto Dinarico è ben testimoniato dalla presenza della piega-faglia denominata "Linea Golfo di Panzano-Baia di

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 11 Di 87

Muggia” ad andamento NO-SE che, probabilmente, costituisce la prosecuzione Sud-orientale della “Linea di Palmanova”, mentre l’assetto anti-Dinarico è rappresentato dalla faglia di Monte Spaccato, cui è associato l’abbassamento della formazione flyschoida verso il Golfo di Trieste¹.

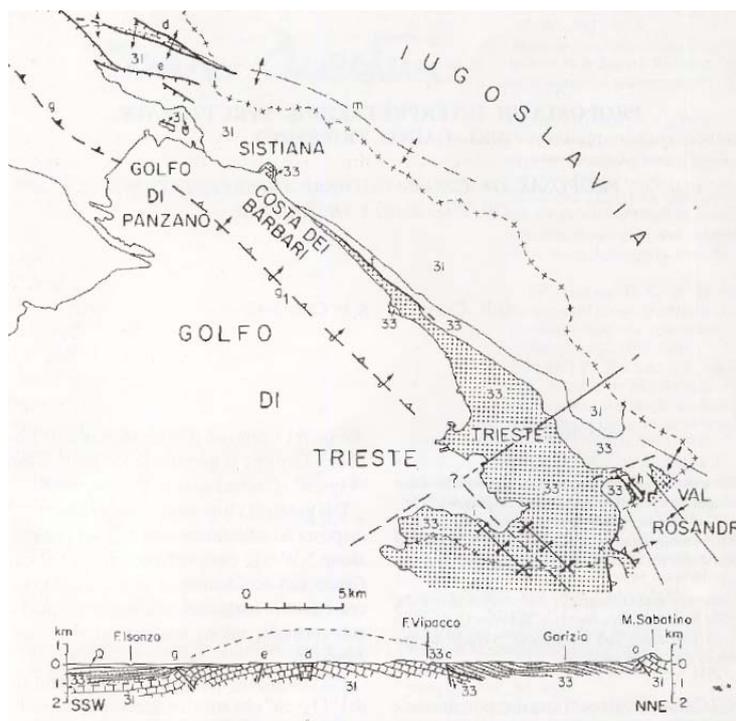
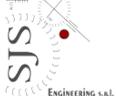


Figura 4 Schema geologico strutturale del Carso triestino

Lungo la costa orientale del golfo sono presenti rocce carbonatiche (principalmente calcari e in misura minore dolomie), e le marne e arenarie del Flysch, formatesi fra circa 120 e 40 milioni di anni fa, e successivamente deformate da pieghe e faglie durante la genesi della catena delle Dinaridi.

Nel golfo, le rocce carbonatiche sono coperte dal Flysch, al di sopra del quale si sono deposti sedimenti di origine marina e continentale di età variabile in funzione della profondità: quelli più profondi, qualche centinaio di metri, hanno fino a qualche milione di anni, quelli superficiali sono attuali.

¹ Carulli, G.B., Cucchi F. (1991) – Proposta di interpretazione strutturale del Carso Triestino

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 12	Di 87

Sulla base dei risultati del rilevamento sismico eseguito con PGR (Precision Graphic Recorder)², e della campagna svolta dall’Autorità Portuale di Trieste del 2010, è stato possibile definire la morfologia del fondale e la struttura del sottofondo marino

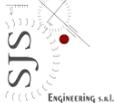
I fondali nella parte meridionale e nella Baia di Muggia sono nuovamente regolari e lisci. Le profondità medie sono comprese tra i 18 ed i 22 metri. Nell’area immediatamente antistante l’abitato di Trieste e gli impianti portuali, le profondità sono comprese tra i 15 e i 20 metri.

Questi elevati valori di profondità che caratterizzano zone molto vicine alla riva sono il risultato del rimaneggiamento generale della costa ed in particolare dell’avanzamento artificiale della linea di riva relativo all’evoluzione storica dell’area portuale. Nella Baia di Muggia, la profondità cresce dolcemente verso il largo in senso assiale mentre, lungo la costa meridionale del Vallone di Muggia, i fondali decrescono rapidamente verso il largo (Giorgetti et al., 1968). Unica eccezione, il fondale in corrispondenza della foce del Rio Ospio caratterizzato da bassifondi, con la batimetrica dei 4,5 m posta a solo 400 m dalla costa. Il rilevamento sismico ha permesso anche di definire la struttura interna del fondo nella parte più superficiale. È risultato che la struttura del sottofondo, nella zona antistante la città di Trieste, è definita da uno strato singolo che poggia su un substrato abbastanza regolare. Nella Baia di Muggia, il sottofondo è invece costituito da uno strato singolo depositato su un substrato irregolare. Lo strato più regolare è probabilmente associabile ad antiche aree costiere o paludi caratterizzate da una sedimentazione regolare, mentre lo strato singolo irregolare può testimoniare che la zona era emersa in epoca recente e, quindi, sottoposta ad un’azione erosiva. In entrambi i casi, i sedimenti marini recenti si sono depositati senza annullare la traccia del paleofondo.

I depositi superficiali (recenti) dell’area del Porto di Trieste sono costituiti, sotto riva, da materiali anche grossolani (ghiaie, ciottoli, talvolta massi) in una matrice limosa. In parte sono di origine marina (depositi residuali formati dall’abrasione dell’antica costa rocciosa e rimasti in loco), ma per lo più sono di origine artificiale (derivati dalle opere di interrimento o banchinamento della zona portuale). Più al largo, si trovano sabbie a granulometria media e fine, abbondantemente mescolate a materiali pelitici che diventano via via prevalenti allontanandosi dalla costa.

Sotto questo primo strato, si trovano i depositi quaternari: una successione di peliti di origine marina che sovrastano un altro livello di peliti, a volte con elevate percentuali di argilla, di origine continentale. Si trovano, per lo più nelle parti superficiali, livelli (anche di spessore decimetrico) di abbondante tritume conchigliare; sono anche sparsi uniformemente noduli di sostanza organica di origine vegetale (torba). Questi due corpi sedimentari sono separati da una netta superficie di discontinuità (ben definibile con la sismica), interpretabile come un paleofondo modellato dall’erosione marina e di profondità variabile (9 m a circa 400 m dalla costa, poi risale fino ad interferire quasi col fondo a 5-6 km dalla costa).

²Giorgetti et al.(1968)

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 13	Di 87

Nel Porto di Trieste, si distinguono due aree a diversa distribuzione tessiturale dei sedimenti: una a Nord costituita prevalentemente da peliti sabbiose e l'altra a Sud da peliti. Le peliti sabbiose, nella Baia di Muggia, costituiscono i fondali posti tra il Molo VII e il Molo dei Legnami, quelli prospicienti gli stabilimenti Italsider (13,5 m), in un'area coincidente con l'ingresso Sud della Baia e sui fondali antistanti la foce del Rio Osipo. Le peliti costituiscono il sedimento dominante nella Baia di Muggia.

Sotto questi materiali incoerenti, a profondità variabile, è presente il substrato eocenico costituito dalla formazione marnoso-arenacea fittamente stratificata e sovrastato da uno strato di alterazione dello stesso chiamato cappellaccio che ha spessore massimo di 2 - 3 m. Il basamento calcareo mesozoico, infine, si rinviene, nel Golfo, a profondità di 600-1000 m.³

Il basamento roccioso degrada verso il largo attraverso gradini alternati con pianerottoli quasi orizzontali: si tratta di ripiani e gradoni che rispecchiano successive linee costiere antiche.

I dati rilevati con la campagna di indagini con prospezioni geofisiche di tipo sismico a mare hanno consentito di identificare la profondità del tetto del Flysch dal livello medio mare nelle aree oggetto di rilievo. Il tetto del Flysch è stato riconosciuto a profondità massima di circa - 76.0 m dal l.m.m

Ad una scala di maggiore dettaglio, geologicamente il tratto di territorio in studio ricade nel Foglio 53 (a) "Trieste" della carta Geologica d'Italia in scala 1.100.000.

³ Morelli, C. - Mosetti, F. "Rilievo sismico continuo nel golfo di Trieste" (1968)

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 14 Di 87

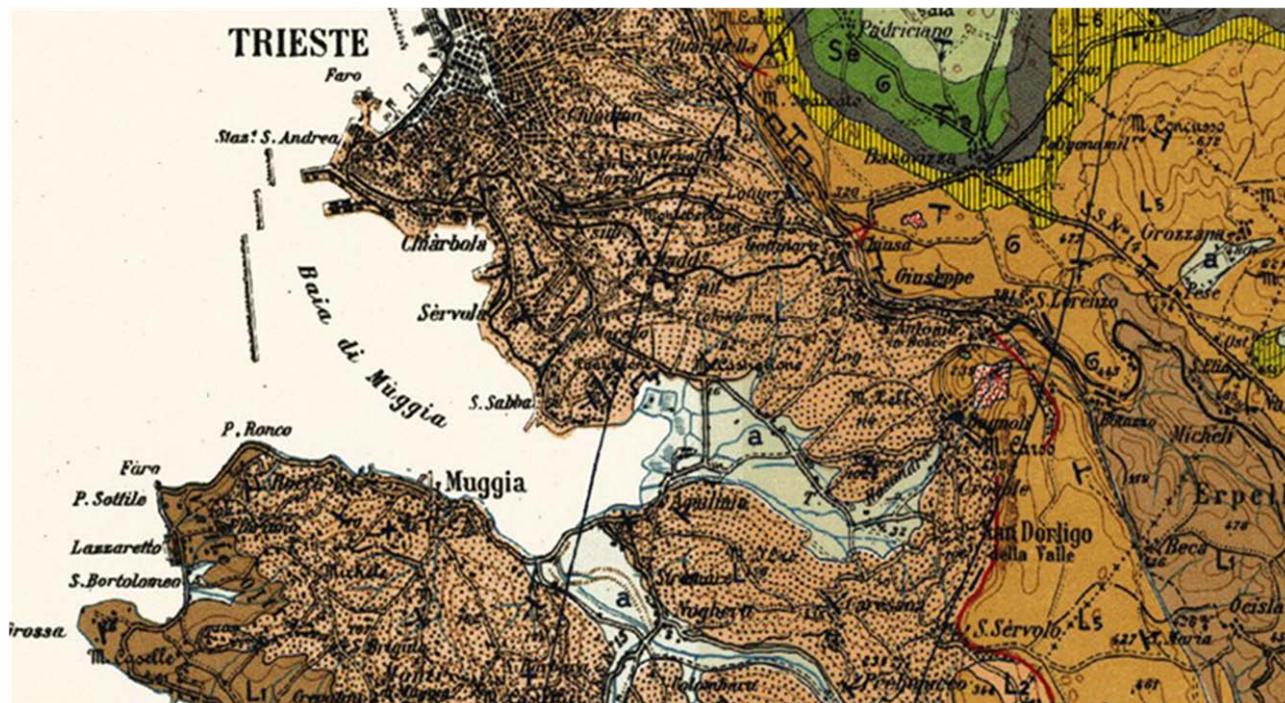


Figura 5 Stralcio della carta geologica d'Italia (1:100.000)- Foglio 53 a Trieste

Nell'area di competenza progettuale, in corrispondenza del Molo VII, sulla base di sondaggi precedentemente eseguiti a terra e a mare, è stato possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica:

- fino a 11 m: ghiaie e limi
- fino a 14 m: limi e argille
- fino a 19 m: argille compatte
- fino a 21 m: cappellaccio
- da 21 m in poi: flysch

In analogia con la restante parte del Golfo, l'area occupata dal Porto è contraddistinta da rilievi collinari degradanti verso la linea di costa, interrotti da incisioni o valli percorse dai corsi d'acqua che scendono dai rilievi. I principali corsi d'acqua che sfociano nella rada portuale sono il Torrente Rosandra ed il Rio Ospio, entrambi caratterizzati da un regime di tipo torrentizio, con portate molto limitate che nei periodi di piena aumentano in maniera significativa scaricando grandi quantità di sedimenti fini.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 15	Di 87

L'area occupata dalla città di Trieste, dalle infrastrutture portuali, e spesso anche la linea di costa e le zone retrostanti, infatti, ha subito pesanti interventi che hanno modificato la morfologia ed anche l'idrografia originaria.

I bacini idrografici principali del territorio hanno lo spartiacque nei terreni calcarei, cui può essere conferita una permeabilità elevata a causa della roccia fessurata. Il risultato è il rapido convogliamento delle acque in profondità, fino a raggiungere il "livello di base carsico", che corrisponde, a seconda dei casi, ad un substrato impermeabile costituito da rocce non carsificabili, al livello del mare o, infine, al livello dei più prossimi fondi vallivi marnoso-arenacei non permeabili.

A grande scala, l'assetto idrogeologico dell'area è sostanzialmente determinato dall'apporto delle acque superficiali, intercettate dai versanti collinari posti a Nord delle aree di progetto, le quali si infiltrano nel sottosuolo lungo discontinuità e fratture presenti nei primi metri di terreno, per poi defluire verso valle con modeste portate e velocità all'interno dei terreni antropici di riporto ben permeabili, dove raggiungono il loro equilibrio piezometrico entrando a contatto con le acque marine salmastre. Nelle aree di costa non sono note problematiche o interferenze particolari connesse con la presenza di falde sotterranee poiché queste, quando presenti, restano confinate entro livelli profondi, poco potenti e spesso frammisti ad argilla e pertanto scarsamente produttivi. L'altopiano carsico si raccorda in basso con la zona flyschoidale mediante una scarpata più o meno acclive, influenzata dalla tettonica. E' in questa zona che traggono origine i corsi d'acqua del territorio del comune di Trieste. Si tratta di sorgenti per contatto di litotipi a diversa permeabilità o anche soltanto della prima delimitazione di linee di impluvio. Le rocce marnoso arenacee del Flysch sono incise da un reticolo idrografico spiccatamente erosivo, le cui aste torrentizie, non ancora in "profilo d'equilibrio", solo nella parte inferiore presentano materassi alluvionali. Nelle zone di foce questi depositi sono coperti da sedimenti fini, trasgressivi, francamente marini.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 16	Di 87

3. CARATTERISTICHE SISMICHE DELLA ZONA

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, il Comune di Trieste è stato classificato come zona 4 (minore rischio) la più bassa in ambito nazionale.

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate il 14/01/2008, per il comune di Trieste, classificato come zona 3 a bassa sismicità, la valutazione delle azioni sismiche è stata svolta in riferimento alla zonazione di dettaglio del territorio nazionale redatta dall'INGV.

Note le coordinate geografiche del punto d'interesse, è possibile trovare i quattro punti della maglia che lo circoscrivono e ricavare i parametri sismici per il punto specifico interpolando tra i valori dei punti forniti dall'INGV. Nel caso specifico le coordinate del sito sono le seguenti:

- longitudine: 13.755407 E,
- latitudine: 45.629568 N;

ed i relativi identificativi dei punti più vicini del reticolo sono: 11659, 11660, 11881 e 11882.

Note le coordinate del sito, per valutare le azioni sismiche sull'opera è necessario definire la vita nominale dell'opera stessa (numero di anni per i quali la struttura deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata – V_N) ed il coefficiente d'uso C_U (definito a partire dalla classe d'uso della struttura). Il prodotto di questi due termini determina il periodo di riferimento V_R dell'opera.

Nel caso specifico, con riferimento al tipo di opera di cui trattasi, sono definibili i seguenti valori per la vita nominale dell'opera ed il coefficiente d'uso (funzione della classe d'uso):

- $V_N = 100$ anni,
- classe d'uso IV, con coefficiente d'uso $C_U = 2$

ottenendo, di conseguenza, un periodo di riferimento $V_R = 200$ anni.

Il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica si ricava con la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad [1]$$

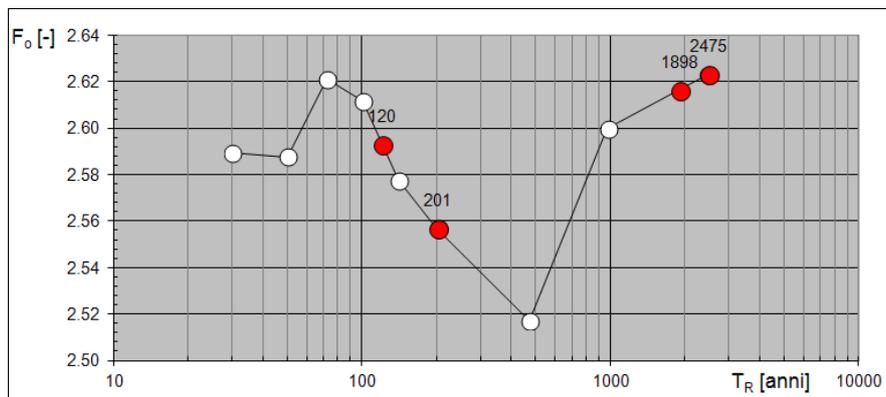
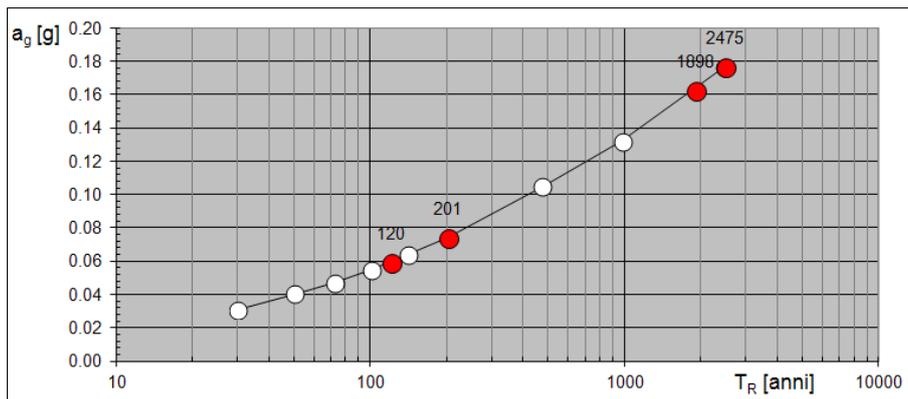
dove P_{VR} è la probabilità di superamento, nel periodo di riferimento, ed è funzione dello stato limite considerato (cfr. Tabella 1):

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00		
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 17	Di 87

Tabella 1 Stati limite e relativa probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R

STATI LIMITE		P_{VR}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimenti V_R
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I parametri sismici interpolati, in funzione del tempo di ritorno, sono quelli riportati nei grafici di Figura 6.



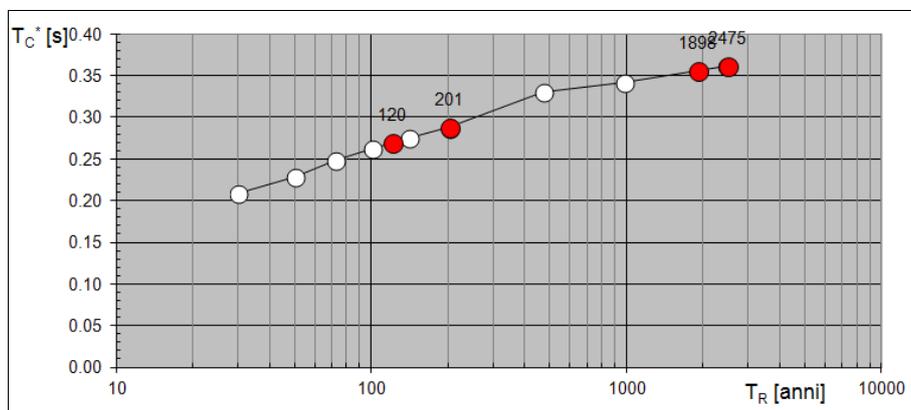


Figura 6 Grafici dei parametri sismici in funzione del tempo di ritorno

I grafici di cui sopra sono efficacemente riassunti, in termini numerici, nella tabella che segue:

Tabella 2 Valori dei parametri per diversi tempi di ritorno

Tr	a_g	F_0	T_c
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0,031	2,589	0,208
50	0,040	2,588	0,229
72	0,047	2,621	0,249
101	0,055	2,611	0,262
140	0,064	2,577	0,275
201	0,074	2,557	0,287
475	0,105	2,517	0,331
975	0,132	2,600	0,342
2475	0,177	2,623	0,361

In tali condizioni si ottengono i seguenti parametri sismici da impiegare per la definizione dell'azione sismica di progetto:

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 19	Di 87

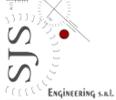
Tabella 3 Parametri sismici su suolo tipo E

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀ (-)	T_c* (s)
SLO	120	0,060	2,593	0,269
SLD	201	0,074	2,557	0,287
SLV	1898	0,163	2,616	0,356
SLC	2475	0,177	2,623	0,361

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni d'imposta delle opere sono infine tali da ricondurne la classificazione a quella di categoria di suolo "E" (terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento – con $V_s > 800$ m/s) alla quale corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica "S_s" pari a 1,60 (stati limite SLO e SLD), pari a 1,453 (stato limite SLV) e pari a 1,401 (stato limite SLC).

Il sito in esame risulta, inoltre, essere riconducibile alla categoria topografica T1 alla quale corrisponde un "coefficiente di amplificazione topografica" $S_T = 1,0$.

Gli spettri di risposta elastici $S_e(T)$, in funzione degli stati limite, sono riportati in Figura 7

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 20	Di 87

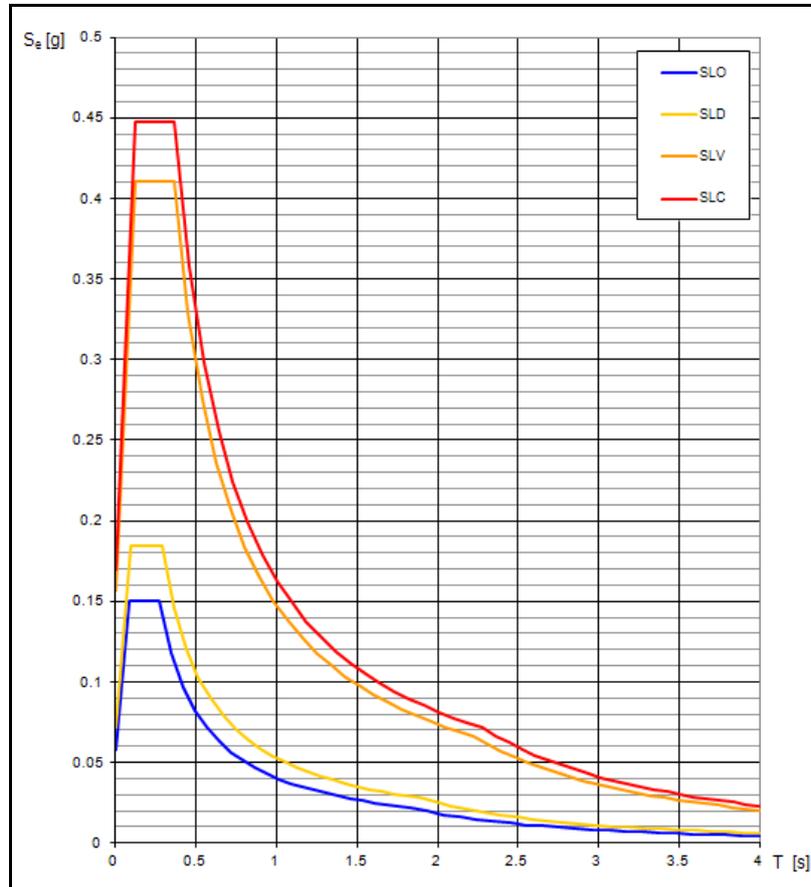


Figura 7 Spettri di risposta elastici funzione degli stati limite

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 21	Di 87

4. SINTESI DEI RISULTATI D'INTERESSE RELATIVI ALLE CAMPAGNE DI INDAGINI PREGRESSE

4.1 PREMESSA

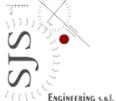
Per le problematiche specifiche relative al dimensionamento e alla verifica delle opere di fondazione della nuova porzione di molo, in aggiunta alla nuova e specifica campagna di indagine, effettuata nei mesi di ottobre e novembre 2014 (cfr. paragrafi 5 e 6 e relativi sottoparagrafi), è risultato d'interesse procedere anche alla disamina dei risultati delle campagne pregresse che hanno interessato l'area del molo VII .

- Indagini del 1967 consistita in 3 sondaggi spinti al massimo fino 36 m dal l.m.m con prelievo di 4 campioni per ogni sondaggio.
- Indagini del 1983 consistita in 7 sondaggi spinti al massimo fino a 50 m dal l.m.m. con un prelievo di 40 campioni;
- Indagini del 1987 consistita in 5 perforazioni a distruzione di nucleo, con lo scopo di determinare la profondità del tetto del flysch;

La Tabella 4 che segue riassume i simboli con cui nella successiva Tabella 8 sono rappresentati i sondaggi relativi alle diverse campagne d'indagine esperite dal 1967 al 2014.

Tabella 4 Identificazione sondaggi in base all'anno di esecuzione

	NUOVI SONDAGGI OTTOBRE 2014
	SONDAGGI DEL 1983
	SONDAGGI DEL 1987
	SONDAGGI DEL 1967

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 22 Di 87

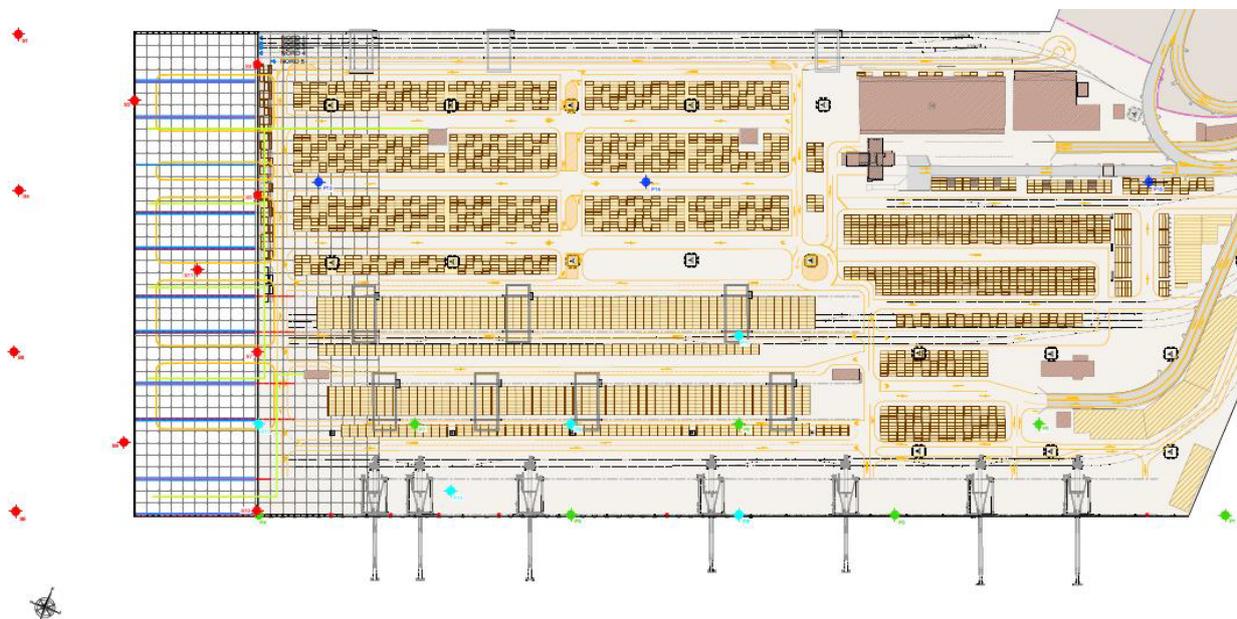


Figura 8 Planimetria dei punti di indagine geognostica campagne dal 1963 al 2014

Sono state altresì prese in considerazione a mero titolo di confronto i risultati ottenuti da prove di laboratorio relativi a campioni prelevati nell'area compresa tra lo scalo legnami e l'ex Italsider e le risultanze geotecniche riportate negli studi specialistici del piano regolatore portuale relativa all'intera area del porto di Trieste.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m		Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 23	Di 87

Tabella 5 Valori dei parametri geotecnici delle formazioni secondo il piano regolatore portuale del porto di Trieste (2010)

	W	γ_{nat}	Pocket	c	φ	UU	Eed	cu	Ei	K
	(%)	(t/m ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm/s)
Riporti	45-70	1,7-2,0	-	0	22-30					
Complesso limoso-argilloso	45-70	1,7-2,0	0,3-1	0,1-0,2	20-28		20	0,1-0,2		4·10 ⁸
Complesso ghiaioso limoso	45-70	1,9-2,0	0,5-1	0,2-0,3	25-30		35	0,2-0,4		
Flysch	-	2,55	-	2-5	15-40	45 marna	da 700		1·10 ⁴	
	-	2,75	-	-	-	100 aren	a 3000			

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 24	Di 87

Tabella 6 Valori dei parametri geotecnici delle formazioni dell'area compresa tra lo scalo legnami e l'ex Italsider

PARAMETRI GEOTECNICI											
Litologia	γ_{app}	c	c'	cd	Nspt	φ	E	kh	Ee	Ed	σ
	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(kPa)			(Mpa)	(kN/m ³)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
Materiali antropici di riporto	18	0			20	28°-32°					
Argille limose	16.5	8	5			20°-22°					
	17	20		22		24°					
Argille limo-sabbiose talora ghiaiose	19.5	15				30°	4-10	3600-5000			
Flysch alterato	23	20-40				20°-25°					
Flysch integro o poco alterato	24	100-150				30°-34°			600-1500	500-1000	8-100

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 25	Di 87

4.2 CAMPAGNA DI INDAGINE 1967 E 1983

I sondaggi effettuati nel 1967 e nel 1983 hanno interessato rispettivamente l'area di prima costruzione del molo e l'area del successivo ampliamento. Dall'analisi delle carote e dei campioni prelevati è stato possibile, per la parte costituita da sedimenti fini, riconoscere una successione stratigrafica valida generalmente per tutti i sondaggi di queste campagne.

Lo strato più superficiale è costituito prevalentemente da limi-argille molli con tracce di tritume conchigliare, lo strato intermedio limo-argilloso con lenti di sabbia e intercanalazioni di torba che provoca un aumento locale della consistenza in relazione al contenuto d'acqua, e infine uno strato più profondo limo argilloso più consistente in prossimità della formazione marnoso-arenacea. Tutta questa parte sedimenti fini è stata ricondotta ad un unico litotipo a cui si aggiunge quello relativo il substrato flyschoidale caratteristico della zona.

Ragionando, quindi, in termini di litotipi di interesse ai fini delle schema geotecnico di calcolo, i report stratigrafici evidenziano quanto segue:

Sondaggio S1 (1983)

da 0 m a -17,2 m	battente d'acqua
da -17,2 m a -32,9 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -32,9 m a -41,5 m	LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S2 (1983)

da 0 m a -17,8 m	battente d'acqua
da -17,8 m a -33,5 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -33,5 m a -42,5 m	LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S3 (1983)

da 0 m a -18,55 m	battente d'acqua
da -18,55 m a -34,8 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -34,8 m a -43 m	LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S4 (1983)

da 0 m a -19 m	battente d'acqua
da -19 m a -42,5 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -42,5 m a -50,5 m	LITOTIPO B – Flysch

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 26	Di 87

Sondaggio S5 (1983)

da 0 m a -17,65 m battente d'acqua
da -17,65 m a -33,7 m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -33,7 m a -42 m LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S6 (1983)

da 0 m a -17,30 m battente d'acqua
da -17,30 m a -36,4 m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -36,4 m a -45 m LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S7 (1983)

da 0 m a -19 m battente d'acqua
da -19 m a -33,1 m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose

da -33,1 m a -40 m LITOTIPO B – Flysch

I sondaggi effettuati nel 1967 sono stati effettuati lungo la direzione longitudinale del molo, quindi la profondità del fondale, la potenza dello strato dei sedimenti e il tetto del flysch diminuiscono procedendo verso terra (da S1-83 a S3-67) come si evince dai report stratigrafici.

Sondaggio S1 (1967)

da 0 m a -18 m battente d'acqua
da -18 m a -36,3 m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -36,3 m LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S3 (1967)

da 0 m a -18 m battente d'acqua
da -18m a -34,3 m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -34,3 m LITOTIPO B – Flysch

Sondaggio S3 (1967)

da 0 m a -15,5m battente d'acqua
da -15,5 m a -32,1m LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -32,1 m LITOTIPO B – Flysch

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m		Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 27	Di 87

Per la caratterizzazione di laboratorio le 2 campagne sono state trattate distintamente e le analisi hanno riguardato solamente il LITOTIPO A, in quanto molte delle prove di carico puntuale effettuate sull'arenaria integra non hanno portato la rottura e i dati ottenuti sono stati scartati.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche del terreno, quel che segue è quanto ritenuto utile ai fini della presente trattazione:

- per la valutazione della resistenza al taglio in condizioni non drenate, dei campioni prelevati nell'83, sono state utilizzati congiuntamente i valori ottenuti da: penetrometro pocket, vane test e dalla prova a compressione a espansione laterale libera. poiché al tempo non furono svolte prove di laboratorio specifiche per la valutazione di tale parametro. Ciononostante i valori ottenuti con i metodi speditivi sono numerosi e tra loro coerenti.
- per la valutazione della resistenza al taglio in condizioni non drenate dei campioni prelevati nel 67 è stato considerato l'unico valore di resistenza ottenuto da una prova triassiale non consolidata non drenata U.U., ritenuto in ogni caso significativo.

Nel rimandare all'Allegato 1, per il dettaglio relativo alla trattazione alfanumerica e grafica dell'insieme dei dati disponibili, qui di seguito se ne propone una sintesi focalizzata sui parametri di maggiore interesse, perché funzionali ai calcoli di dimensionamento e di verifica, sviluppati in questa sede, secondo quanto riportato, sinteticamente, nelle tabelle 7 e 8 sottostanti. I valori, qui riportati, (siano essi "medi", "minimi" o "massimi") derivano da una "media ragionata", dunque non semplicemente aritmetica, e sono pertanto da considerarsi quali caratteristici per il litotipo cui si riferiscono.

Tabella 7 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 1983

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura
Litotipo A Sedimenti fini	Peso dell'unità di volume	γ	17,8	10,8	20,8	(kN/m³)
	Coesione non drenata	C_u	30,6	9,8	90,7	(kPa)
	Modulo elastico	E	11,1	2,6	19,3	(Mpa)

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m		Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 28	Di 87

Tabella 8 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 1967

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura
Litotipo A Sedimenti fini	Peso dell'unità di volume	γ	-	-	-	(kN/m ³)
	Coesione non drenata	C_u	14,7	14,7	14,7	(kPa)
	Modulo elastico	E	3,0	1,7	3,5	(Mpa)

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 29	Di 87

5. DESCRIZIONE NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINE OTTOBRE - NOVEMBRE 2014

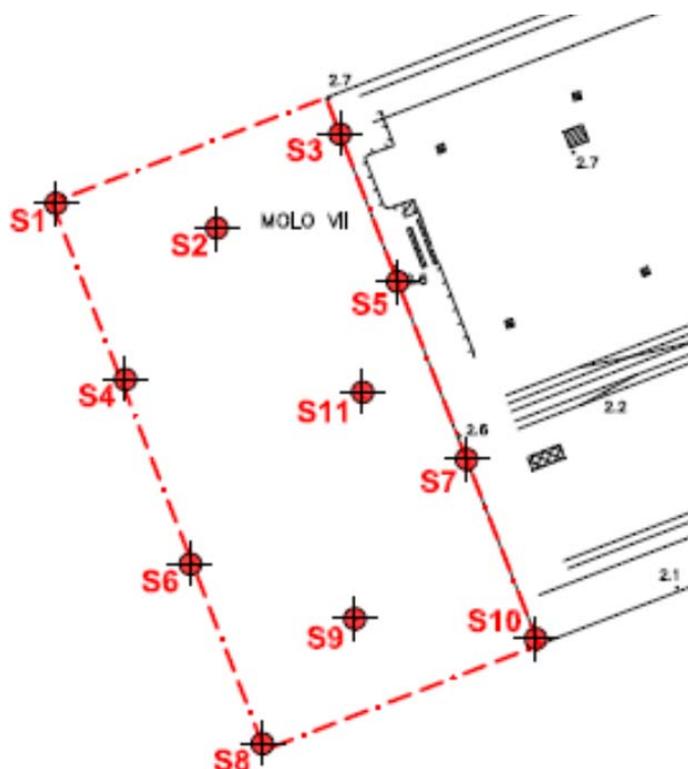
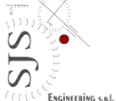


Figura 9 Planimetria dei punti di indagine geognostica campagna del 2014

Ad integrazione e verifica delle indagini svolte in passato, nei mesi di ottobre e novembre 2014 è stata effettuata una nuova campagna di indagine, volta alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dall'opera in progetto, ed articolata secondo quanto descritto qui di seguito:

- N. 4 sondaggi in mare dalla banchina del molo (S3 – S5 – S7 – S10), ubicati come riportato in Figura 9, spinti fino ad una profondità massima di 57 m da p.c., con contestuale prelievo di n. 13 campioni indisturbati o semi disturbati da sottoporre a prove di laboratorio di caratterizzazione fisica, granulometrica e meccanica (parametri di resistenza e deformabilità);
- N. 7 sondaggi in mare da pontone (S1 – S2 – S4 – S6 – S8 – S9 - S11), ubicati come riportato in Figura 9, spinti fino ad una profondità massima di 58,8 m da p.c., con contestuale prelievo di n. 16 campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio di

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 30	Di 87

caratterizzazione fisica, granulometrica e meccanica (parametri di resistenza e deformabilità);

- N. 20 prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio, di cui 12 da pontone e 8 dal bordo banchina) spinte fino ad una profondità massima di circa 38.8 m dal p.c.;
- indagini di tipo indiretto per l'individuazione della morfologia del fondale e del tetto della formazione flyschoidale lungo tutto l'area di indagine costituite da:
 - Rilievo batimetrico multibeam;
 - Prospezione sismica a riflessione;
 - Rilievo magnetometrico;
 - Rilievo side scan sonar;

Nel successivo paragrafo 6 sono descritti i risultati di questa campagna di indagini.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 31	Di 87

6. SINTESI RISULTATI NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINE OTTOBRE 2014

A seguito della esecuzione della campagna di indagini, condotta nei mesi di ottobre e novembre 2014, è emersa la opportunità di suddividere il LITOTIPO B nei due litotipi B1 relativo al flysch alterato marnoso e B2 relativo al flysch integro.

Le stratigrafie di detti sondaggi sono state impiegate, con il supporto di quelle relative alle precedenti campagne geognostiche, nella ricostruzione dello schema geotecnico di calcolo.

In breve, i report stratigrafici evidenziano quanto segue, avendo cura di ragionare già in termini di litotipi d'interesse ai fini dello schema geotecnico di calcolo:

Sondaggio S1 (2014)

da 0 m a -19,3 m	battente d'acqua
da -19,3 m a -39,8	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -39,8 m a -40,3m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -40,3 m a -43,8 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro

Sondaggio S2 (2014)

da 0 m a -19 m	battente d'acqua
da -19 m a -37,3 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -37,3,5 m a -38,5m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -38,5 m a -41,3 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro

Sondaggio S3 (2014)

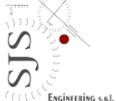
da 0 m a -17,7 m	battente d'acqua
da -17,7 m a -36 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -36 m a -36,5 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -36,5 m a -40,7 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro

Sondaggio S4 (2014)

da 0 m a -19 m	battente d'acqua
da -19 m a -39,2 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 32	Di 87

da -39,2 m a -41,8 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -41,8 m a -43,8 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro
<u>Sondaggio S5 (2014)</u>	
da 0 m a -17,6 m	battente d’acqua
da -17,6 m a -33,4 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -33,4 m a -42 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -42m a -51,8 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro
<u>Sondaggio S6 (2014)</u>	
da 0 m a -18,9 m	battente d’acqua
da -18,9 m a -41,6 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -41,6 m a -41,9 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -41,9 m a -45,7 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro
<u>Sondaggio S7 (2014)</u>	
da 0 m a -18,2 m	battente d’acqua
da -18,2 m a -36,7 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -36,7 m a -38 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -38 m a -57 m	LITOTIPO B2 – Flysch integro
<u>Sondaggio S8 (2014)</u>	
da 0 m a -18,9 m	battente d’acqua
da 18,9 m a -47,7 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -47,7 m a -48,4 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -48,4 m a -50,9m	LITOTIPO B2 – Flysch integro
<u>Sondaggio S9 (2014)</u>	
da 0 m a -18,6 m	battente d’acqua
da 18,6 m a -42,6 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -42,6 m a -44,5 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -44,5 m a -46,6	LITOTIPO B2 – Flysch integro

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 33	Di 87

Sondaggio S10 (2014)

da 0 m a –18,5 m	battente d’acqua
da 18,5 m a –39,4 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -39,4m a –42 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -42 m a –47	LITOTIPO B2 – Flysch integro

Sondaggio S11 (2014)

da 0 m a –18,5 m	battente d’acqua
da 18,5 m a –36,7 m	LITOTIPO A - Sedimenti fini: limo-argilla con lenti sabbiose e torbose
da -36,7 m a –39,9 m	LITOTIPO B1 – Flysch alterato
da -39,9 m a –43,5	LITOTIPO B2 – Flysch integro

Per quanto riguarda la caratterizzazione del litotipo A sono stati utilizzati gli esiti delle prove di laboratorio, eseguite su n. 16 campioni indisturbati, per la determinazione dei parametri fisici (peso dell’unità di volume, etc.) e meccanici (resistenza al taglio in condizioni non drenate, modulo elastico. etc.; cfr. dettaglio rimesso nell’Allegato 2c.

Per quanto riguarda, invece, la caratterizzazione del litotipo B (e successiva suddivisione in B1 e B2) sono stati utilizzati gli esiti delle prove di laboratorio, eseguite su n. 13 campioni, per la determinazione dei parametri fisici (peso dell’unità di volume, etc.) e meccanici (resistenza a compressione monoassiale, modulo elastico, etc.; cfr. dettaglio rimesso nell’Allegato 2d.

Nel rimandare al Allegato 2 per il dettaglio relativo alla trattazione alfanumerica e grafica dell’insieme dei dati disponibili, qui di seguito se ne propone una sintesi focalizzata sui parametri di maggiore interesse, perché funzionali ai calcoli di dimensionamento e di verifica utilizzati in questa sede, secondo quanto rimesso sinteticamente nella sottostante Tabella 9. Si precisa che, anche in questo caso, i valori riportati (siano essi “medi”, “minimi” o “massimi”) derivano da una “media ragionata”, dunque non semplicemente aritmetica, e sono pertanto da considerarsi quali caratteristici per il litotipo cui si riferiscono.

Si sottolinea che nella valutazione della resistenza a compressione monoassiale, effettuata su campioni di arenaria, sono stati scartati i risultati ottenuti mediante la prova di carico puntuale (point load test), perché i valori così ottenuti sono irragionevolmente più piccoli rispetto a quelli ottenuti con la prova di rottura a compressione, evidenziando la dipendenza di essi dalla tipologia di prova eseguita.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 34	Di 87

Tabella 9 Tabella di sintesi dei risultati della campagna di indagine del 2014

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura
Litotipo A Sedimenti fini	Peso dell'unità di volume	γ	18.3	15.7	19.9	(kN/m ³)
	Coesione non drenata	C_u	19.0	11.1	35.1	(kPa)
	Modulo elastico	E	-	-	-	(Mpa)
Flysch integro (roccia intatta)	Peso dell'unità di volume	γ	2.6	2.5	2.7	(kN/m ³)
	Resistenza a compressione monoassiale	σ_f	74.0	20.9	142.3	(MPa)
	Modulo di deformazione assiale al 50% della rottura	$E_{s\ 50\%}$	29.3	1.54	52.6	(GPa)

6.1 RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Come già accennato, in affiancamento ai sondaggi geognostici di cui si è riferito in precedenza, sono state eseguite, nei fori di sondaggio, 20 prove penetrometriche dinamiche, SPT, a punta aperta, spinte fino alla profondità di 38.7 m dal l.m.m., valore oltre il quale la prova tende ad andare a rifiuto.

Le prove SPT hanno interessato solamente il LITOTIPO A, costituito prevalentemente da sedimenti fini coesivi con inclusioni di materiale incoerente. L'elaborazione dei risultati di tali prove è stata eseguita mantenendo la distinzione tra i due materiali.

Queste prove hanno permesso di analizzare il comportamento degli strati composti da sabbie per il quale il campionamento è stato difficoltoso, e di valutare le categorie di suolo di fondazione secondo l'O.P.C.M. 3274/2003. Le prove hanno evidenziato un generale aumento del numero di colpi richiesto per il termine della prova all'aumentare della profondità investigata.

I valori della resistenza al taglio non drenata, ottenuti indirettamente da questa prova, sono stati scartati in quanto riportano valori troppo alti e non in linea con i risultati ottenuti con metodi diretti.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 35	Di 87

Si riassume in tabella l'esito delle prove, rimandando all'Allegato 2a l'elaborazione dei risultati.

Tabella 10 Risultati prove SPT

ID PROVA	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TERRENO	SPT (CAMPIONATORE RAYMOND)			
		N _{1_campo}	N _{2_campo}	N _{3_campo}	N _{campo}
		(colpi)	(colpi)	(colpi)	(colpi/30 cm)
S2 SPT2	sabbia media e fine	2	4	4	8
S3 SPT1	sabbia fine e media	4	6	8	14
S3 SPT2	sabbia limosa	4	R	R	-
S5 SPT1	sabbia	2	1	0	1
S5 SPT2	sabbia	10	14	18	32
S10 SPT2	sabbia fine - media	7	10	16	26
S11 SPT3	sabbia fine - media	15	37	R	-
S2 SPT1	limo argilloso	1	2	1	3
S2 SPT3	Limo grigio	2	6	7	13
S4 SPT1	limo argilloso	4	6	8	14
S6 SPT1	limo argilloso	1	2	2	4
S6 SPT2	limo argilloso	1	1	2	3
S7 SPT1	limo grigio saturo	7	10	19	29
S7 SPT2	limo grigio saturo	7	11	13	24
S8 SPT1	limo argilloso	2	2	1	3
S8 SPT2	limo argilloso	1	3	2	5
S8 SPT3	limo argilloso	2	2	6	8
S10 SPT1	limo argilloso	2	3	3	6
S11 SPT1	limo argilloso	1	2	2	4
S11 SPT2	limo argilloso	1	1	1	2

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 36	Di 87

6.2 RISULTATI RILIEVO BATIMETRICO MULTIBEAM

Le misure sono state eseguite utilizzando un ecoscandaglio multi fascio (*Multibeam*) della Reson modello Seabat 7125, che consente di ottenere simultaneamente 512 beam equidistribuiti sul fondale, con una frequenza massima di 50 impulsi al secondo. Il rilievo è stato svolto sull'intera area di ampliamento del Molo VII e lungo la banchina Nord, percorrendo rotte tra loro parallele a distanza tale da garantire una sovrapposizione dei dati di almeno il 20%.

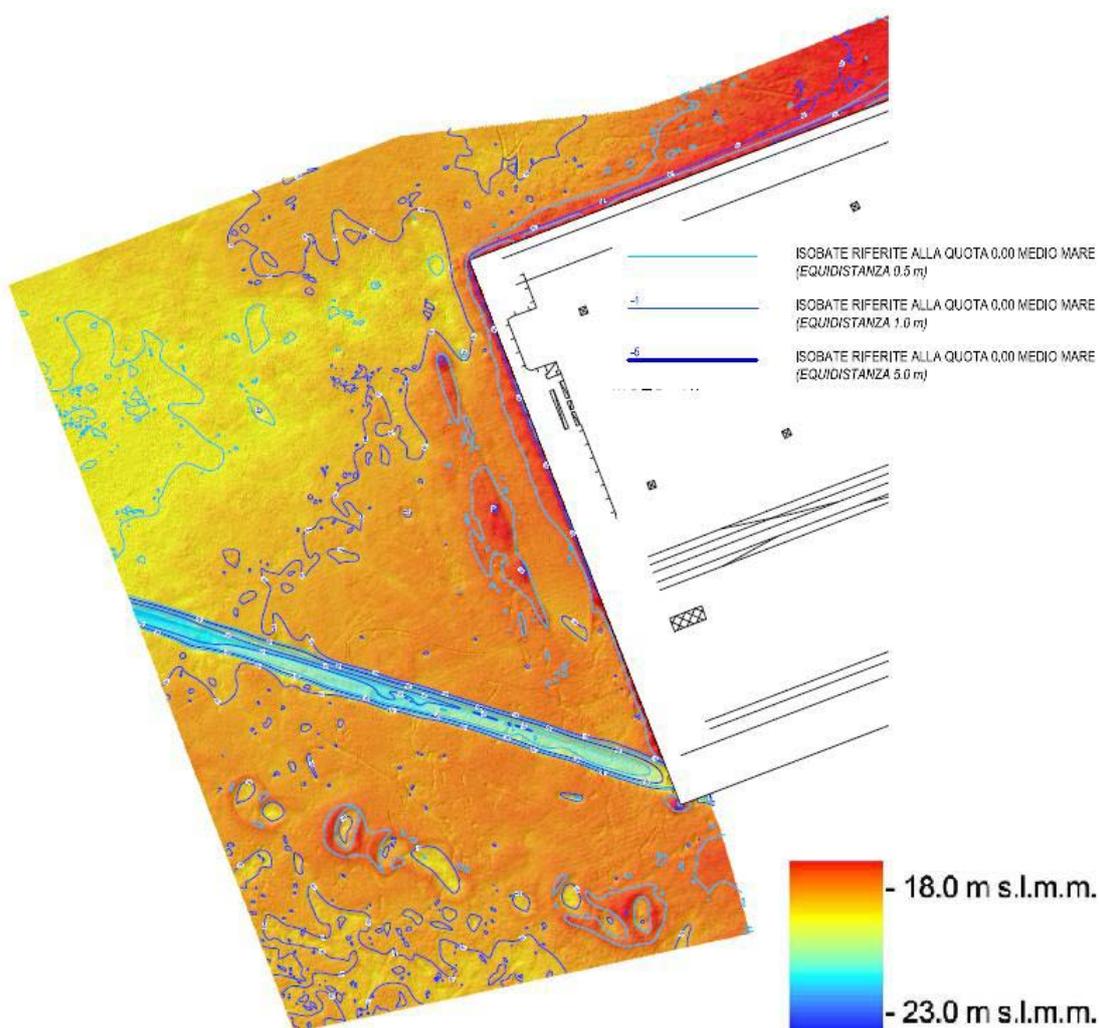
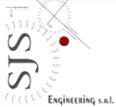


Figura 10 Risultati del rilievo batimetrico multibeam

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 37	Di 87

Il fondale dell'area investigata è pressoché orizzontale, con lieve incremento di pochi metri della profondità del fondale, procedendo verso mare. Le caratteristiche del materiale componente il fondale tende a far sì che l'assetto sia variabile nel tempo.

6.3 RISULTATI PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE

Per l'esecuzione del rilievo è stata utilizzata una sorgente sismica controllata con frequenza variabile, e un sistema costituito da un *Towfish* (modello Edgetech SB-216S) trainato a poppa dell'imbarcazione.

La profondità di immersione è stata fissata a 2.0 m tramite l'utilizzo di un apposito galleggiante.

Il rilievo è stato condotto a velocità compresa tra 3 e 4 nodi, tipicamente 3.5 nodi. In assetto dinamico, questa configurazione ha determinato una profondità effettiva di 1.5 m dal livello medio mare.

Per la calibrazione dei dati sismici, sono state utilizzate le stratigrafie di perforazione dei n° 11 sondaggi a mare eseguiti nell'area di studio, mentre per la conversione in profondità è stata utilizzata una velocità media dei sedimenti fini pari a 1.605 m/s.

Da questa indagine è stato possibile riconoscere l'assetto litostratigrafico presente nell'area, caratterizzato da sedimenti fini limoso-argilloso-sabbiosi in contatto con il "top" del substrato flyschoidale. La distribuzione delle quote di tale substrato nell'area di studio sono state riportate sulla carta delle isopache.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			Pagina 38 Di 87

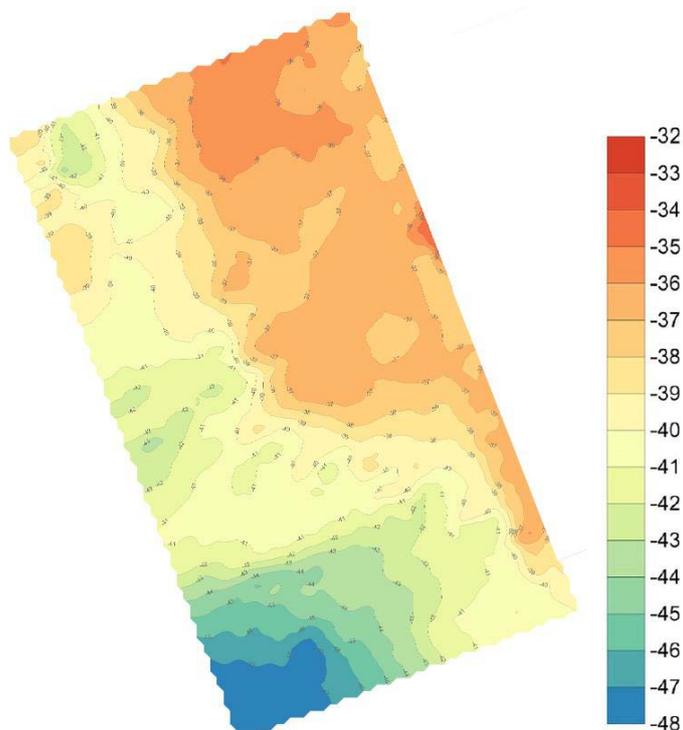


Figura 11 Risultati della prospezione sismica a riflessione

La formazione flyschoidale è caratterizzata da pieghe variabili che si deducono anche dalla diversa giacitura dei piani di sedimentazione osservata tra i vari sondaggi, pertanto la morfologia è frastagliata e le quote del tetto variano sensibilmente lungo l'area di studio.

Ciononostante, si può riconoscere un andamento generale in cui il tetto del flysch si approfondisce procedendo da nord-est verso sud-ovest.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 39	Di 87

6.4 RISULTATI RILIEVO MAGNETOMETRICO

Questa metodologia di indagine consiste nel misurare i valori dell'intensità del *campo magnetico terrestre* e successivamente analizzarne le variazioni o anomalie.

Il magnetometro SeaSPY, impiegato nel presente rilievo, misura il campo magnetico ambientale utilizzando una tecnologia basata sulla risonanza magnetica nucleare, applicata specificatamente a nuclei di idrogeno. Il segnale del magnetometro, interamente digitale, viene misurato all'interno del *Towfish*, trainato a poppa dell'imbarcazione dove il segnale è più forte e meno soggetto al rumore esterno. Il sensore SeaSPY è omnidirezionale, ovvero la quantità di segnale prodotto dal sensore è completamente indipendente dalla direzione del campo magnetico. Per il rilievo in oggetto è stata utilizzata una configurazione del sensore singolo, trainato a distanza di 19.7 m dalla poppa dell'imbarcazione. Dalla figura che riassume i risultati di tale rilievo si vede che l'area interessata dall'intervento non presenta anomalie magnetiche, se non nelle zone immediatamente prossime al molo e quindi imputabili alla struttura del molo stesso.

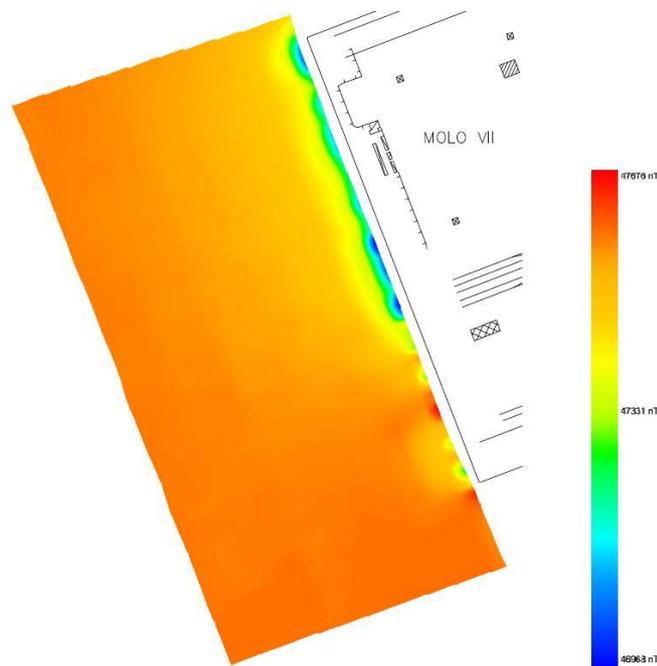
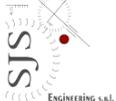


Figura 12 Risultati del rilievo magnetometrico

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 40	Di 87

6.5 RISULTATI RILIEVO SIDE SCAN SONAR

Il sonar a scansione laterale (*Side Scan Sonar*) è uno strumento che si basa sulla riflessione e diffrazione del suono in acqua, producendo immagini del fondale a grande scala, simili a fotografie aeree. Per l'acquisizione dei dati, il sonar viene trainato a poppa dell'imbarcazione ed emette onde acustiche verso il basso e lateralmente. Per l'esecuzione del rilievo è stata mappata una superficie pari a 190.000 mq, avente lunghezza di 500 metri e larghezza di 380 metri. Il rilievo è stato condotto mediante acquisizione di sei strisciate orientate parallelamente alla banchina Ovest del Molo VII, aventi lunghezza pari a 500 m circa e copertura laterale di 75 m. Il passo unitario profilo-profilo è risultato pari a 50 m circa, con copertura superiore al 100 %.

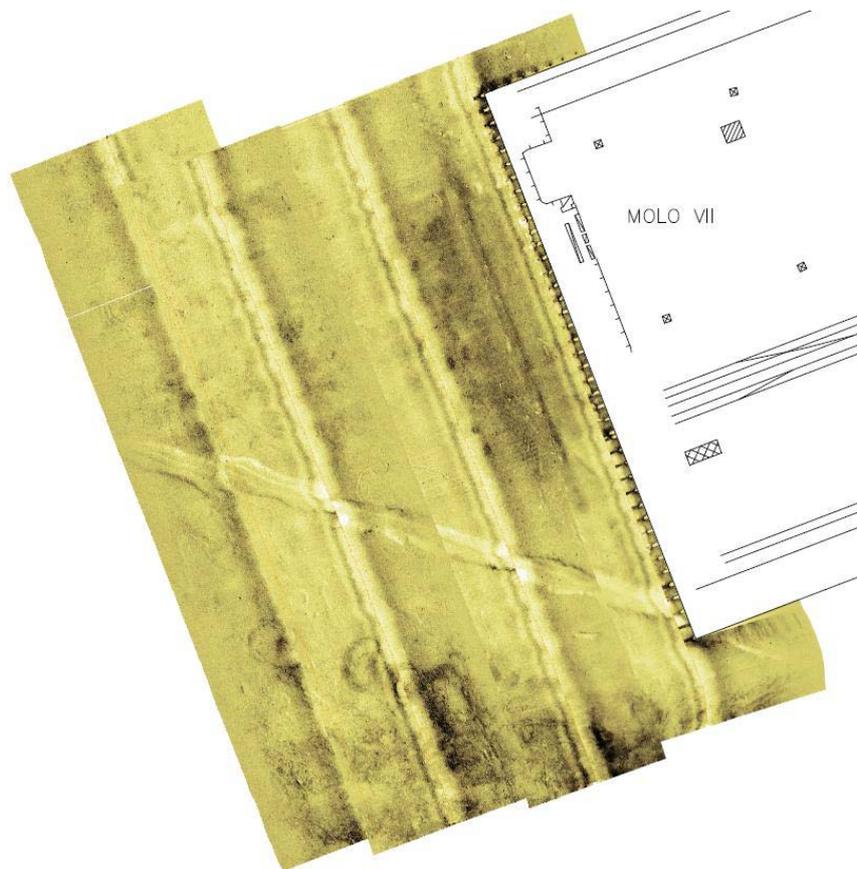
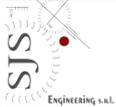


Figura 13 Risultati rilievo side scan sonar

Dalla Figura 13, si riconosce la struttura del fondale già individuata dal rilievo batimetrico e, inoltre, si individua la disposizione della palificata esistente, potendo così riconoscere il giunto tra la parte più vecchia del molo e la parte realizzata successivamente.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 41	Di 87

7. PRINCIPALI PROBLEMATICHE DI NATURA GEOTECNICA

Il molo esistente è costituito da un impalcato di pali (D=1800 mm) disposto a maglie quadrate di 9.90 x 9.90 m, sui cui poggiano degli elementi prefabbricati in c.a.p. di forma quadrata con nervature perimetrali e mediane, solidarizzati con barre di cucitura e getto di completamento alla testa dei pali.

Per l'ampliamento longitudinale del molo VII saranno utilizzate le stesse soluzioni progettuali della parte esistente con la realizzazione di fondazioni indirette. L'intenzione è quella di andare a mobilitare la resistenza garantita dalla formazione lapidea intestando in essa la punta dei pali.

I principali problemi di natura geotecnica da affrontare in questa sede si traducono nel dimensionamento dei pali di fondazione sia a forze verticali sia a forze orizzontali, in riferimento da un lato alle problematiche di resistenza e, dall'altro, a quelle di deformabilità dei terreni interessati, nella consapevolezza che la scelta adottata, già in esercizio da decenni sulla banchina esistenti, si è rivelata rispondente alle esigenze funzionali di progetto.

Particolare attenzione verrà posta alla verifica dei cedimenti, dovendo i medesimi essere contenuti nell'ambito delle tolleranze ammesse per le vie di corsa delle gru transtainer e delle gru STS. In merito si sottolinea come la funzionalità di dette gru non è semplicemente garantita dalla stabilità a rottura della fondazione, ma è pure necessario che le fondazioni stesse subiscano cedimenti limitati sia assoluti sia differenziali. Infatti, il funzionamento di questi strumenti per la movimentazione dei carichi risulta particolarmente sensibile anche al rischio di soqquadro risultando necessario, pertanto, verificare la compatibilità dei cedimenti differenziali non solo nell'ambito delle singole vie di corsa (ed in particolare all'interno dei diversi conci che le compongono) ma anche e soprattutto fra conci paralleli che supportano le vie di corsa dello stesso transtainer. Per questo motivo è stato sviluppato un calcolo dei cedimenti riferito alla teoria dell'elasticità che arriva alla quantificazione degli stessi in riferimento al modulo elastico dedotto svolgendo specifiche valutazioni sulle condizioni dell'ammasso roccioso e sulle caratteristiche del materiale che lo compone. Gli output forniti consentono di valutare la compatibilità con l'esercizio delle gru transtainer anche in termini di cedimenti assoluti e differenziali (soqquadro).

Oltre ai carichi verticali ed orizzontali (permanenti ed accidentali) indotti dallo scarico dalla struttura stessa delle gru a portale, nell'analisi dei carichi sono state considerate anche le azioni orizzontali indotte dallo scarico delle gru, dal tiro delle bitte di nuova realizzazione oltre che dalle manovre di accosto delle imbarcazioni, queste ultime esplicitanti in corrispondenza dei nuovi respingenti previsti in progetto. L'ipotesi è che il molo si comporti come una piastra perfettamente rigida e che le azioni agenti sul bordo della banchina siano trasmesse uniformemente su tutti i pali delimitati all'interno dei giunti della banchina stessa. La zona del

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 42	Di 87

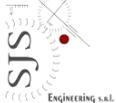
molo più sollecitata è quella sud in cui sono presenti le gru STS e in cui si accostano le navi container.

Per quanto riguarda il calcolo dell'azione sismica si è proceduto, in base alla pericolosità del sito, alla definizione, in modalità pseudo-statica e delle forze d'inerzia della struttura. Per quanto attiene alla verifica, in condizioni sismiche, relativa ad una possibile liquefazione dei terreni essa è, nell'ambito del presente intervento, omettibile per quanto qui di seguito riportato:

- la presenza di depositi sabbiosi è limitata solo ad alcune verticali indagate e non presenta continuità lungo l'orizzontale, per cui la sabbia è presente localmente e comunque immersa in matrice di materiale fine e coerente.
- a titolo cautelativo, si sottolinea come il dimensionamento dei pali a forze verticali delle nuove fondazioni sia stato comunque effettuato imponendo pari a zero il contributo alla capacità portante dei terreni limo-argillosi costituenti la parte di sedimenti fini (litotipo A), a favore di sicurezza vista anche la loro marcata variabilità di composizione;

Nel seguito, dopo aver sinteticamente riassunto le principali caratteristiche geotecniche attribuibili ai terreni interessati dal progetto in base al lavoro di interpretazione, sia delle campagne pregresse disponibili, sia della nuova campagna esperita ad hoc, verranno anche proposti gli schemi geotecnici di riferimento adottati per lo sviluppo dei calcoli e, successivamente, le procedure di calcolo adottate con i relativi risultati ottenuti.

Con la finalità di snellire e rendere chiara la trattazione si procederà, nei paragrafi che seguono, suddividendo la parte di trattazione teorica del calcolo da quella di presentazione e sintesi dei risultati.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 43	Di 87

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMI GEOTECNICI DI CALCOLO

8.1 PREMESSA

La caratterizzazione geotecnica in termini di parametri fisico-meccanici dei terreni e gli schemi geotecnici di calcolo sono stati dedotti dall'analisi degli esiti della nuova campagna di indagini (anno 2014) oltre che delle campagne di indagini pregresse relative agli anni 1967 e 1983, entrambe d'utilità per l'intervento in argomento.

Nell'ambito di dette due campagne queste sono state trattate distintamente per poi arrivare ad una sintesi conclusiva di riferimento unico da utilizzare sia all'interno del modello di calcolo sia nell'ambito delle verifiche analitiche in forma chiusa svolte sulle singole sezioni maggiormente rappresentative (condizioni più gravose).

Solo considerando la campagna eseguita nel 2014 viene superato il tetto di numerosità pari a 10. Ne discende che i coefficienti ξ_3 e ξ_4 di cui alle NTC 2008, da utilizzare in abbattimento delle capacità portanti di calcolo dei pali per ottenere le equivalenti caratteristiche, sono già quelli minimi possibili (rispettivamente $\xi_3 = 1,40$ e $\xi_4 = 1,21$): in tal senso la campagna svolta risulta senz'altro soddisfacente per l'ottimizzazione del rapporto costi-benefici nell'ambito dell'intero intervento.

I paragrafi che seguono sintetizzano i passaggi appena citati, con un paragrafo introduttivo d'inquadramento dei litotipi di riferimento ai fini della schematizzazione geotecnica di calcolo.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 44	Di 87

8.2 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ STRATIGRAFICHE SIGNIFICATIVE DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO

La successione stratigrafica dell'area d'intervento, analizzata nell'inquadramento geologico generale e riscontrata nell'ambito delle indagini esperite, sia pregresse sia attuali, può essere efficacemente sintetizzata, ai fini dei calcoli geotecnici, nei seguenti litotipi (dall'alto verso il basso ed a partire dal livello di riferimento costituito dal livello medio mare):

- LITOTIPOA – Complesso di sedimenti fini, limo e argilla, poco consistente con presenza di tritume conchigliare, lenti di sabbia e torba
- LITOTIPO B1 – Flysch alterato marnoso arenaceo
- LITOTIPO B2 – Flysch integro arenaceo marnoso.

Qui di seguito le ulteriori precisazioni utili ai fini del chiarimento delle schematizzazioni di calcolo:

- quale quota zero di riferimento è stata assunto il piano del livello medio mare assunto convenzionalmente;
- la testa dei pali di nuova realizzazione (intradosso plinto di fondazione), è posta alla stessa quota del livello medio mare assunto convenzionalmente.

8.3 SEZIONI STRATIGRAFICHE TRASVERSALI E LONGITUDINALI DI RIFERIMENTO

In relazione alle colonne stratigrafiche dei carotaggi meccanici continui della campagna del 2014, è possibile tracciare 6 sezioni stratigrafiche trasversali (rispetto alla direzione dell'ampliamento) di correlazione diretta tra le verticali indagate nell'ambito della porzione areale che sarà soggetta all'ampliamento del molo oggetto di intervento (si rimanda alla visione degli allegati 3 e 4 tavole fuori testo, per il dettaglio grafico delle citate sezioni):

- Sezione trasversale 1: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine, S8, S6, S4 e S1 della campagna 2014 ;
- Sezione trasversale 2: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine, S10, S7, S5 e S3 della campagna 2014;
- Sezione trasversale 3: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine S9, S11 e S2 della campagna 2014.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 45	Di 87

In maniera del tutto similare è possibile altresì individuare n° 3 sezioni longitudinali di riferimento (si rimanda alla visione degli allegati 3 e 4 , tavole fuori testo, per il dettaglio grafico delle citate sezioni):

- Sezione longitudinale 4: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine , da mare verso terra, S4 e S5;
- Sezione longitudinale 5: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine, da mare verso terra, S6 e S7;
- Sezione longitudinale 6: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine, da mare verso terra, S8 e S10.
- Sezione longitudinale 7: ottenuta dall'interpolazione fra le verticali d'indagine, da mare verso terra, S1 e S3.

L'insieme di dette sezioni rappresenta il riferimento stratigrafico per l'intera progettazione, per quanto riguarda le verifiche analitiche svolte.

8.4 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Per quanto riferito nei paragrafi 4 e 6 e relativi sottoparagrafi, dedicati alla descrizione del lavoro di analisi ed interpretazione delle campagne d'indagine, in sito ed in laboratorio, di cui agli anni 1967 1983 e 2014, detto lavoro ha di fatto condotto a tre step interpretativi progressivi, ciascuno caratterizzato dalle proprie tabelle di sintesi:

- caratterizzazione geotecnica da campagna d'indagini 2014
- caratterizzazione geotecnica da campagna d'indagini 1983
- caratterizzazione geotecnica da campagna d'indagini 1967

Da queste 3 tabelle è stato poi possibile, cumulando le informazioni delle tre campagne ottenerne una di sintesi ulteriore, quali quelle riportate nel seguito, ottenute attraverso una valutazione soggettiva riguardante la numerosità dei dati relativamente alla quota su cui è stata concentrata ogni campagna, ad esempio come C_u media si è scelto un valore di 15kPa in linea con il valore della campagna del 1967 considerando che nel 2014 lo strato superficiale dei sedimenti (che da 0 a circa -10m) non è stato caratterizzato meccanicamente e che comunque, nella generalità dei casi, i campionamenti si concentrano sui materiali più facili da campionare e quindi più consistenti.

Si precisa che rispetto alle 3 tabelle di origine, in quelle di sintesi sono stati aggiunti i coefficienti di Winkler (orizzontale e verticale), determinati secondo quanto rimesso in dettaglio nel paragrafo 10.4.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 46	Di 87

Si rimanda al paragrafo successivo la valutazione dei parametri geotecnici di calcolo relativi ai litotipi B1 e B2.

Tabella 11 Parametri geotecnici di calcolo

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura
LITOTIPO A Sedimenti fini	Peso dell'unità di volume	γ	18,3	17,8	19,9	kN/m³
	Coesione non drenat	C_u	15	1,1	35,1	kPa
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	18,0	15,7	-	N/cm³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	12,0	1,4	-	N/cm³
	Modulo elastico	E	3,0	1,7	3,6	MPa
LITOTIPO B1 Flysch alterato	Peso dell'unità di volume	γ	22,0	-	-	kN/m³
	Coesione efficace	c'	2500	1100	-	kPa
	Angolo di resistenza al taglio	φ'	33,5	32,2	-	°
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	12118	4913	-	N/cm³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	8078	3275	-	N/cm³
	Modulo elastico	E	3,1	1,6	-	GPa
LITOTIPO B2 Flysch integro	Peso dell'unità di volume	γ	23,0	-	-	kN/m³
	Coesione efficace	c'	3400	1600	-	kPa
	Angolo di resistenza al taglio	φ'	38,8	37,5	-	°
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	27291	11399	-	N/cm³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	18194	7599	-	N/cm³
	Modulo elastico	E	12,2	3,5	-	GPa

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 47	Di 87

8.5 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per attribuire dei valori dei parametri di resistenza all'ammasso roccioso si è partiti dalla caratterizzazione meccanica effettuata sui provini di roccia integra, da questi si è proceduto con la determinazione degli indici di classificazione RMR (*rock mass rating*) e GSI (*Geological Strength Index*) ottenuti sia utilizzando i valori medi sia i valori minimi della resistenza compressione e dell'RQD, mantenendo la distinzione tra la parte alterata e la parte integra dell'ammasso roccioso.

Si rimanda all'Allegato 2d per la descrizione dei valori attribuiti ai diversi indici parziali.

Tabella 12 Attribuzione degli indici parziali per la determinazione dell'RMR (R1-resistenza a compressione; R2-RQD; R3-spaziatura delle discontinuità, R4-condizione delle discontinuità, R5- condizioni idrauliche)

1. σ_r (MPa)	> 250	250 ÷ 100	100 ÷ 50	50 ÷ 25	25 ÷ 5	5 ÷ 1	< 1
Indice parziale	15	12	7	4	2	1	0
2. RQD (%)	100 ÷ 90	90 ÷ 75	75 ÷ 50	50 ÷ 25	25 ÷ 10	10 ÷ 5	< 5
Indice parziale	20	17	13	8	5	3	0
3. J_z (m)	> 2	2 ÷ 0.6	0.6 ÷ 0.2	0.2 ÷ 0.06	0.06 ÷ 0.02	0.02 ÷ 0.005	< 0.005
Indice parziale	20	15	10	8	5	3	0
4. Condizione delle discontinuità	Pareti molto scabre, giunti non continui, chiusi, roccia non alterata	Pareti poco scabre, apertura < 1 mm, roccia poco alterata	Pareti poco scabre, apertura < 1 mm, roccia molto alterata	Pareti laminate, riempimento < 5 mm, apertura 1 ÷ 5 mm, giunti continui	Pareti laminate, riempimento < 5 mm, apertura 1 ÷ 5 mm, giunti continui	Pareti laminate, riempimento < 5 mm, apertura 1 ÷ 5 mm, giunti continui	Riempimento mat. sciolto > 5 mm, apertura > 5 mm, giunti continui
Indice parziale	30	25	20	10	10	10	0
5. Condizioni idrauliche							
Afflusso per 10 m di galleria (l/min)	0	< 10	10 ÷ 25	25 ÷ 125	125 ÷ 625	625 ÷ 3125	> 3125
Condizioni pareti	asciutte	umide	bagnate	gocciolanti	gocciolanti	gocciolanti	fluenti
Pressione acqua / sforzo principale	0	0.0 ÷ 0.1	0.1 ÷ 0.2	0.2 ÷ 0.5	0.5 ÷ 1.0	1.0 ÷ 2.0	> 2.0
Indice parziale	15	10	7	4	3	2	0

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 48	Di 87

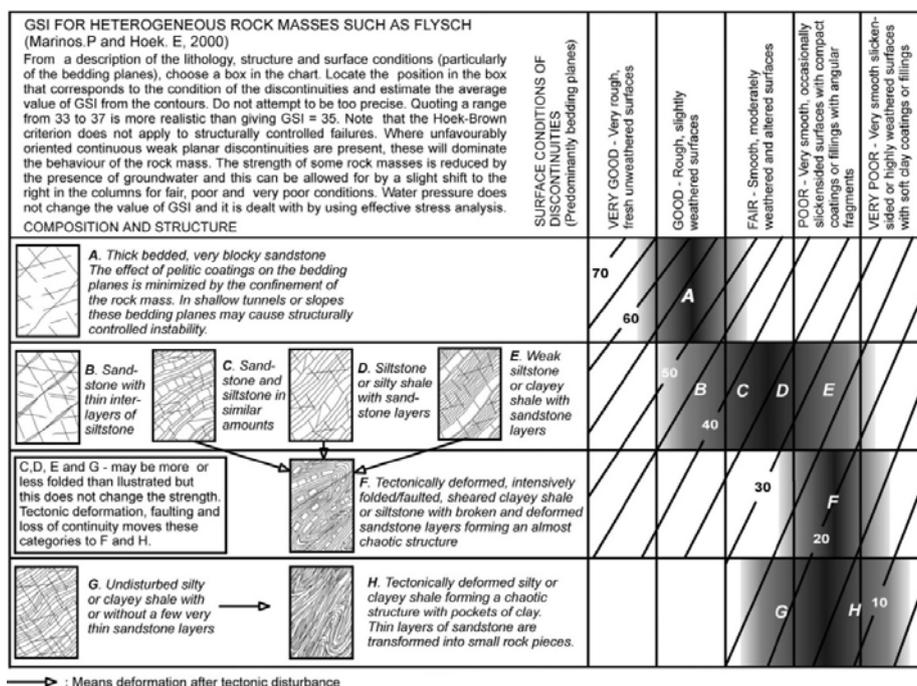
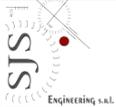


Figura 14 Determinazione dell'indice GSI dell'ammasso roccioso- FLYSCH

Il passo successivo consiste nell'ottenere dei parametri di resistenza secondo la legge di Mohr-Coulomb. A tal fine sono stati utilizzati due metodi. Nel primo si è utilizzata la tabella proposta da Bieniawski basata sull'applicazione dell'indice RMR.

Tabella 13 Valutazione dei parametri di resistenza dell'ammasso in relazione all'indice RMR (Bieniawski)

Classe		RMR	c (MPa)	φ (°)
I	Ottima	100÷81	>.3	>45
II	Buona	80÷61	.2÷.3	40÷45
III	Discreta	60÷41	.15÷.2	35÷40
IV	Scadente	41÷21	.1÷.15	30÷35
V	Molto scadente	<21	<.1	<30

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 49	Di 87

Nel secondo è stata utilizzata l'espressione proposta da Hoek et Al (2002). Che utilizza una legge di resistenza del tutto analoga al criterio di rottura sviluppato di Hoek-Brown ed è basata sull'indice GSI.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^\alpha$$

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(\exp^{-GSI/15} - \exp^{-20/3} \right)$$

Per individuare i valori dei parametri resistenza in termini di coesione ed angolo di attrito equivalenti si è proceduto all'interpolazione lineare della legge di Hoek-Brown, basandosi sull'equivalenza delle aree sottese delle curve relative ai 2 criteri (Hoek-Brown e Mohr-Coulomb).

I valori di c e φ , ottenuti con questi due metodi, sono risultati ragionevolmente prossimi, per cui ne è stata fatta una media, da utilizzare per i parametri di calcolo.

Per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso sono state utilizzate delle espressioni di comprovata validità, e i valori finali sono stati ottenuti facendo una media ragionata. Si rimanda all'Allegato 2d il dettaglio di tali elaborazioni numeriche.

Per quanto riguarda il peso di volume dell'ammasso si è deciso di ridurre a un valore di 22 kN/m³ per l'ammasso alterato e a 23 kN/m³ per l'ammasso integro.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 50	Di 87

8.6 ATTRIBUZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE (O.P.C.M. 3274/2003 E S.M.I.)

In ottemperanza ai dettami della normativa sismica vigente, il presente paragrafo è dedicato all'attribuzione della categoria di suolo di fondazione secondo le classi individuate dall'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i., di cui alla successiva Tabella 14.

Tabella 14 Categorie di suolo di fondazione di cui all'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i.

Categoria	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s , comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa)
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa)
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti , caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $C_u < 70$ kPa)
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali , con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s

In aggiunta a queste cinque categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- **S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua**, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < C_u < 20$ kPa);

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 51	Di 87

- **S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.**

Tenendo conto che ai fini dell'attribuzione della categoria di suolo nei termini sopra indicati, concorrono sia i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m V_{s30} , sia i valori medi dei colpi N_{SPT} (corretti con la profondità) registrati durante le omonime prove in foro di sondaggio, sia i valori medi C_u ottenuti da prove di laboratorio, nel caso in oggetto ed in riferimento ai dati disponibili sono stati utilizzati i risultati :

- delle prove SPT in foro di sondaggio relative alla campagna di indagine 2014 dalle quali si è ricavato il valore di N_{SPT} medio che caratterizza il litotipo più superficiale LITOTIPO A (cfr. paragrafi 6.1 ed allegati 2a e 2b) nonché, mediante correlazioni specifiche, il valore delle V_s ;
- delle prove di laboratorio su campioni prelevati durante i sondaggi 2014 dalle quali si è ricavato il valore di C_u medio che caratterizza il LITOTIPO A (cfr. paragrafi 6.1 ed Allegato 2c).

Le prove SPT hanno interessato solamente il LITOTIPO A, costituito prevalentemente da sedimenti fini con inclusioni di materiale incoerente. L'elaborazione dei risultati di tali prove è stata eseguita mantenendo la distinzione tra i due materiali, che risultano appartenere alle categorie C e D.

Tabella 15 Sintesi campagna del 2014 per attribuzione categoria di suolo di fondazione

Descrizione sintetica del terreno	NSPTcorretto_medio	ϕ' medio [°]	V_s _media (m/s)	Categoria di suolo
sabbia fine	15	28.0	199	C

Descrizione sintetica del terreno	NSPTcorretto_medio	C_u _media (kPa)	V_s _media (m/s)	Categoria di suolo
limo argilloso	6	35.0	170	D

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 52	Di 87

In considerazione dei dati di cui alla Tabella 15, appare evidente la scelta di attribuire la categoria E al terreno di fondazione. La configurazione del sito effettivamente consiste in strati superficiali di categoria C e D (LITOTIPO A) giacenti su un substrato rigido (LITOTIPO B).

Tuttavia le fondazioni della struttura sono concepite e dimensionate in modo tale da far gravare l'intero carico sul LITOTIPO B ragione per cui si potrebbe attribuire una categoria di suolo del tipo "A", meno gravosa in termini di forzanti dovuti al sisma.

Si è comunque preferito in via cautelativa di considerare la categoria E.

8.7 VALUTAZIONE DEI CARICHI DOVUTI AL SISMA

Per la verifica dei pali è stata anche considerata l'azione sismica, valutata adottando il metodo pseudostatico e determinando i parametri, secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 18/01/2008).

Nel metodo pseudostatico le forze agenti sulla struttura sono costituite, oltre che dal peso proprio, dalle forze di inerzia dovute all'azione sismica:

$$F_H = \pm k_H W \quad ; \quad F_V = \pm 0,5 F_H$$

essendo F_H ed F_V rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile, e W il peso della massa stessa.

Per la determinazione del coefficiente di intensità sismica si utilizza la formula seguente:

$$k_H = \beta \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- S_s è un fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, dipende dalla natura dei terreni e dal fattore amplificativo dello spettro dell'accelerazione orizzontale F_0 come già definito, nel caso in esame, dato un terreno di categoria E, si ottiene $S_s = 1.764$;
- a_g è l'accelerazione massima sul suolo, dipendente dallo stato limite scelto (SLV) e dai parametri sopra descritti; la componente orizzontale risulta pari a 0.166 g, mentre la verticale a 0.091 g;
- β è un fattore riduttivo, funzione di a_g e variabile tra 0.2 e 0.3, nello specifico 0.24 (Tabella 16).
- Inoltre per strutture importanti erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 m dovrà essere incrementata l'azione sismica di progetto moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica S_T .

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 53	Di 87

Tabella 16 Valori del coefficiente β

	Categorie di suolo di fondazione	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g (g) \leq 0.4$	0.3	0.28
$0.1 < a_g (g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g (g) \leq 0.1$	0.20	0.20

In assenza di studi specifici la normativa raccomanda per ST i valori seguenti:

$S_T \geq 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;

$S_T \geq 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$;

$S_T \geq 1,2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

Non ricadendo in nessuna delle condizioni morfologiche indicate, per le verifiche condotte in questa sede si adatterà $S_T = 1$.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 54	Di 87

9. DIMENSIONAMENTO DEI PALI A FORZE VERTICALI

9.1 PREMESSA

Qui di seguito è descritta, sinteticamente, la teoria di riferimento adottata per le verifiche progettuali, ai sensi del D.M. 14/01/2008 (di seguito semplicemente NTC2008), dei pali di fondazione a forze verticali (rottura ed esercizio).

Il ricorso ai pali consente di trasferire i carichi, applicati alla loro sommità, agli strati di terreno più profondi e, in generale, più resistenti, limitando al contempo l'entità dei cedimenti.

In tal senso, pertanto, e in riferimento ai pali di grande diametro previsti in progetto ($\Phi = 1.800$ mm), sono state condotte le necessarie verifiche geotecniche, con i metodi semiprobabilistici agli stati limite ultimo e di esercizio, di cui alle NTC 2008, verificando la resistenza della palificata (portanza) oltre che la sua deformabilità (cedimenti attesi).

Per favorire la comprensione, i risultati del calcolo sono esposti in apposito altro paragrafo (oltre che nella sezione allegati), mentre in questa sede sono descritte le modalità di svolgimento dei calcoli, comprensive degli opportuni richiami alla teoria di riferimento.

9.2 CARICO LIMITE ALLE AZIONI VERTICALI

Per il calcolo del carico limite di rottura dei pali sotto carichi verticali sono state introdotte, storicamente, diverse procedure per modellizzarne il comportamento, abbattendo al massimo le incertezze di determinazione. Nonostante i limiti intrinseci legati al carattere essenzialmente empirico, lo strumento cui si ricorre più frequentemente per il calcolo della portanza è proprio quello delle formule empiriche, dove il carico limite Q_{lim} si compone, in specifico, attraverso la somma di due addendi:

$$Q_{lim} = Q_b + Q_s \quad [1]$$

dove è:

- Q_b = resistenza alla punta [kN];
- Q_s = resistenza laterale [kN].

Si tratta di una formula convenzionale con la precisazione, importante per il progetto specifico in cui si ha a che fare con pali di grande diametro, che l'entità dei cedimenti in grado di mobilitare la resistenza laterale è ben inferiore (da pochi mm fino ad un massimo di $1 \div 2$ cm) rispetto a quella necessaria alla mobilitazione dell'intero valore della resistenza alla punta, ottenibile per

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 55	Di 87

assestamenti dell'ordine del 10%÷30% del diametro D del palo. Nel caso specifico, pertanto, il dimensionamento della resistenza alla punta è stato condotto in riferimento alle considerazioni relative alla limitazione dei cedimenti e, quindi, con riferimento a stati limite di servizio.

Entrando nello specifico, la resistenza alla punta Q_b è ricavabile dall'espressione:

$$Q_b = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot p \quad [2]$$

dove è:

- D= diametro del palo [m],
- p= resistenza unitaria alla punta [kPa].

Per un mezzo che risulti a comportamento contestualmente attritivo e coesivo si pone, in generale:

$$p = N_q \cdot \sigma_{VL} + N_c \cdot c \quad [3]$$

dove è:

- σ_{VL} = tensione litostatica verticale alla profondità della base del palo [kPa],

N_q ed N_c = fattori adimensionali funzione dell'angolo di resistenza al taglio e del rapporto L/D, con L= lunghezza del palo, con il seguente legame fra i due: $N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \varphi'$.

- In questo caso, e in riferimento alle condizioni non drenate, la tensione verticale sopra citata deve essere espressa in termini di tensioni totali mentre per i parametri di resistenza del terreno si deve assumere $c = c_u$ e $\varphi_u = 0$. Ciò determina, a sua volta, l'assunzione di $N_q = 1$ ed $N_c = 9$, per cui la resistenza unitaria alla punta diviene definitivamente esprimibile come:

$$p = \sigma_{VL} + 9 \cdot c_u \quad [4]$$

dove c_u , espressa in kPa, rappresenta proprio la resistenza al taglio non drenata del terreno.

Per quanto riguarda, invece, la resistenza laterale Q_s , essa appare ricavabile dalla seguente espressione:

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot \int_0^L s \cdot dz \quad [5]$$

dove è:

- D= diametro del palo [m],
- L= lunghezza del palo [m],
- s= resistenza tangenziale all'interfaccia palo-terreno [kPa].

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 56	Di 87

In questo caso, e in riferimento alle condizioni non drenate, la resistenza tangenziale s sopra citata appare esprimibile quale quota parte della resistenza al taglio non drenata c_u secondo la seguente espressione:

$$s = \alpha \cdot c_u \quad [6]$$

dove è:

- α = coefficiente adimensionale,
- c_u = resistenza al taglio non drenata [kPa].

Indicazioni sui valori da assumere per il coefficiente α sono desumibili sia dalle raccomandazioni AGI 1984, sia da Viggiani 1999, secondo le tabelle schematiche qui di seguito proposte:

Tabella 17 Valori di α in funzione di c_u (AGI 1984)

	Tipo di palo	Valori di c_u	Valori di α	$(\alpha \cdot c_u)_{max}$ [kPa]
		[kPa]	[-]	
Battuti	Calcestruzzo	≤ 25	1,0	120
		25÷50	0,85	
		50÷75	0,65	
		≥ 75	0,5	
	Acciaio	≤ 25	1,0	100
		25÷50	0,8	
50÷75		0,65		
Trivellati	Calcestruzzo	≤ 25	0,9	100
		25÷50	0,8	
		50÷75	0,6	
		≥ 75	0,4	

Tabella 18 Valori di α in funzione di c_u (Viggiani 1999)

Tipo di palo	Valori di c_u	Valori di α
	[kPa]	[-]
Battuti	≤ 25	1,0
	25÷70	$1 - 0,011 (c_u - 25)$
	≥ 70	0,5
Trivellati	≤ 25	0,7
	25÷70	$0,7 - 0,008 (c_u - 25)$
	≥ 70	0,35

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 57	Di 87

9.3 COEFFICIENTE DI SICUREZZA E STATO LIMITE ULTIMO

Sia il D.M. 11 marzo 1988, sia le raccomandazioni AGI fanno riferimento, per la verifica dei pali di fondazione, a valori del coefficiente di sicurezza F_s (inteso come rapporto fra il valore medio stimato della capacità portante limite del palo $R_{cm}=Q_{lim}$ ed il valore caratteristico del carico applicato F_{ck} ; $F_s = R_{cm}/F_{ck}$) che deve rispettare i seguenti limiti:

- $F_s \geq 2,5$ (D.M. 11/03/88) per pali dimensionati con correlazioni con prove in sito o con parametri geotecnici;
- $2,5 < F_s < 3,5$ (raccomandazioni AGI); nel caso si faccia riferimento alla pressione che provoca l'insorgere di deformazioni plastiche alla base si può assumere $1,75 < F_s < 2,5$.

Le più recenti normative (Eurocodici e vigenti NTC 2008) tendono ad introdurre metodi di calcolo basati su verifiche agli stati limite, per cui l'approccio metodologico è quello che prevede il ricorso a coefficienti parziali da adottare per le verifiche geotecniche con i metodi semiprobabilistici agli stati limite ultimo e di esercizio.

In merito, per comprovare che la fondazione è in grado di sopportare il carico di progetto con un adeguato margine di sicurezza nei confronti dello stato limite deve risultare soddisfatta la seguente espressione:

$$F_{c,d} \leq R_{c,d} \quad [7]$$

dove è:

- $F_{c,d}$ = carico assiale di progetto;
- $R_{c,d}$ = capacità portante di progetto allo stato limite ultimo della palificata per carichi assiali.

Detta condizione, tradotta in termini di coefficiente di sicurezza, di cui all'espressione [7], si traduce nella verifica che tale coefficiente sia maggiore o uguale all'unità.

Le verifiche devono essere effettuate con almeno uno dei seguenti due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: A1+M1+R1,
- Combinazione 2: A2+M1+R2⁴;

Approccio 2: A1+M1+R3

ove il segno "+" è da intendersi non nel senso algebrico del termine bensì nel senso di "combinato con".

⁴ Nel testo delle NTC 2008 si ritrova l'errata indicazione della combinazione A2+M2+R2; detto refuso viene corretto nella circolare 617/2009 che contiene le istruzioni per l'applicazione del D.M. 14/01/2008 stesso.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 58	Di 87

Nel caso in cui si opti per l'approccio 1 le verifiche devono essere eseguite con entrambe le combinazioni di fattori: in merito si ricorda che, ai fini geotecnici, la combinazione 2 è quella più significativa. In questo caso si è proceduto all'esecuzione delle verifiche seguendo entrambi gli approcci, a favore di sicurezza e per analizzare la variabilità dei risultati ottenuti, ai fini della valutazione significatività del dimensionamento. Si procederà, inoltre, anche allo svolgimento della verifica in condizioni sismiche.

La normativa definisce tre serie di coefficienti parziali:

- A= coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili e sismiche);
- M= coefficienti parziali riduttivi delle resistenze dei materiali;
- R= coefficienti parziali da applicare alle resistenze laterali e di base.

Nel ricordare che nel caso di fondazioni su pali, i parametri geotecnici del terreno (angolo di resistenza al taglio, coesione efficace, resistenza al taglio non drenata) non vanno fattorizzati (no coefficienti M1), qui di seguito si riporta il dettaglio per i coefficienti A ed R.

Coefficienti A (azioni)

Tabella 19 Coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili, sismiche)

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Permanenti strutturali G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali G_2	Favorevole	γ_{G2}	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili Q	Favorevole	γ_Q	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

I carichi permanenti portati G_2 sono, per altro, assimilati a quelli strutturali G_1 se completamente definiti e a quelli variabili Q in caso contrario (il gruppo EQU non è significativo per i pali).

L'azione di progetto applicata alla fondazione può, allora, esprimersi come:

$$F_{c,d} = \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_Q \cdot Q \quad [8]$$

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 59	Di 87

Si rileva che, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2008, il termine F_{cd} deve comprendere il peso proprio del palo.

In condizioni di sisma agente (verifiche sismiche) i coefficienti delle azioni devono essere posti pari all'unità (γ_F).

Coefficienti R (resistenze laterali e di base)

Per i pali trivellati essi valgono:

Tabella 20 Coefficienti da applicare alle resistenze laterali e di base

Resistenza	COEFFICIENTE γ_R	R1	R2	R3
Base	γ_b	1,0	1,7	1,35
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25

Il carico limite di progetto R_{cd} è ricavato dalla seguente espressione:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} \quad [9]$$

dove è:

- R_{bd} = resistenza alla punta di progetto;
- R_{sd} = resistenza laterale di progetto.

I valori delle resistenze laterali di progetto sono ricavati dai valori caratteristici, R_{bk} ed R_{sk} , per tramite dei coefficienti parziali riportati nella tabella 4 attraverso le seguenti espressioni:

$$R_{bd} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} \quad [10_a]$$

$$R_{sd} = \frac{R_{sk}}{\gamma_s} \quad [10_b]$$

I sopra citati valori caratteristici sono, a loro volta, da determinare attraverso la:

$$R_{ck} = (R_{bk} + R_{sk}) = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [11]$$

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 60	Di 87

dove i valori ξ_3 e ξ_4 sono fattori che dipendono dal numero delle verticali indagate n , secondo la logica riportata nella tabella che segue:

Tabella 21 Coefficienti ξ in funzione delle verticali indagate

n	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Con questo metodo il calcolo di ciascun palo deve, in buona sostanza, essere ripetuto due volte per i due insiemi di parametri di resistenza del terreno: quelli medi e quelli minimi.

Dal punto di vista operativo, pertanto, una volta scelto l'insieme dei coefficienti parziali da utilizzare si procede amplificando i carichi mediante l'insieme dei coefficienti A per ottenere il carico di progetto $F_{c,d}$. Successivamente si procede al calcolo della resistenza limite del palo con parametri medi e minimi e, da questi, al calcolo dei valori caratteristici di resistenza laterale e base mediante la formula [11] per poi, da ultimo, calcolare la resistenza di progetto $R_{c,d}$ proprio attraverso le espressioni [10_a] e [10_b].

Appare evidente la logica per cui, in un siffatto approccio probabilistico, sono premiati i casi in cui si dispone di un numero più alto di verticali indagate. In tal senso la ratio è quella di andare a ricompensare i casi in cui si dispone di un numero più alto di verticali indagate in quanto, in proporzione diretta alla loro numerosità, si riduce anche l'incertezza nella conoscenza dei parametri medi di resistenza dei terreni (maggiore dettaglio nella definizione di tale dato). Pertanto, l'investimento in una consistente e mirata campagna di indagini geognostiche può limitare gli effetti dell'aumento dei coefficienti parziali che, a loro volta, si tradurrebbero in un aumento dei costi di realizzazione: in tal senso è possibile, in termini complessivi, ottenere un bilancio positivo; nel caso de quo ed in riferimento alla nuova campagna d'indagini, si è teso operare proprio in questo senso.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 61	Di 87

9.4 CALCOLO DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti della palificata, fermo restando l'output principale fornito dal modello FEM (cui si rimanda) anche per quanto attiene ai cedimenti differenziali attesi ed alle relative distorsioni (soqquadri), si è proceduto altresì, in questa sede, ad una stima degli stessi sul singolo palo per via analitica. In merito, i vari approcci e modelli di sottosuolo prescelti conducono ad espressioni del cedimento del palo secondo la seguente espressione:

$$\delta = \beta \cdot F_{ck} / E \cdot L \quad [12]$$

dove è:

- β = coefficiente di influenza adimensionale funzione di L/D e del modello di sottosuolo adottato;
- F_{ck} = carico caratteristico agente;
- E = modulo elastico del terreno;
- L = lunghezza del palo.

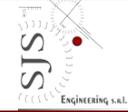
Nel caso in cui il palo è realizzato in terreni stratificati, la lunghezza cosiddetta "utile" (L_u) da introdurre nelle formule per il calcolo dei cedimenti coincide con quella del tratto di palo ammorsato negli strati inferiori più rigidi (cosiddetti "portanti"). In analogia, il modulo E da introdurre è proprio quello dello strato di terreno in cui è ammorsato il palo (nel caso di terreno multistrato si può ricorrere ad un unico strato omogeneizzato con modulo pari alla media pesata dei moduli ascrivibili a ciascuno strato).

In riferimento alla teoria di Poulos & Davis (1981) si ha:

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_u / D) \quad [13]$$

Nella stima resa nell'ambito del presente lavoro è stata considerata quale "utile", a favore di sicurezza, la sola lunghezza di palo all'interno dei litotipi B1 e B2, senza considerare i contributi del litotipo A.

Per lo svolgimento del calcolo, i cui esiti sono esposti nel paragrafo 9.5.4, sono stati considerati i carichi N complessivi agenti nelle più sfavorevoli condizioni per ogni tipologia di palo, considerando il cedimento provocato da ogni palo, indipendente da quelli dei pali adiacenti. Tale ipotesi è giustificata dall'elevato rapporto interasse-diametro e dall'elevata rigidità del substrato litoide.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 62	Di 87

9.5 ESITO DELLE VERIFICHE SVOLTE A FORZE VERTICALI

9.5.1 Carichi e schemi geotecnici di riferimento

In riferimento all'analisi dei carichi si riassumono, i valori delle sollecitazioni di riferimento, suddivisi nelle loro componenti permanente (G) ed accidentale (Q), in base ai quali operare il dimensionamento a forze verticali secondo le combinazioni previste ai sensi delle NTC2008.

Come richiesto dalla medesima normativa è stato considerato anche il peso proprio del palo che, con riferimento al diametro $D = 1.800$ mm ed al γ del cls armato pari a 25 kN/m^3 , è di 63.62 kN/m (per ogni metro di palo, per l'appunto).

Le verifiche sono state effettuate utilizzando lo schema stratigrafico maggiormente cautelativo di ognuna delle 4 sezioni longitudinali, considerate, che procedono da terra verso mare.

Il dimensionamento a forze verticali è stato eseguito su 4 diverse categorie di pali classificati in base alle condizioni di carico agenti su di essi, considerando per ognuno la condizione di carico più gravosa. La Tabella 22 riassume le combinazioni di carico più gravose per ogni tipologia di palo, quindi in seguito con il termine "tipo di palo", si intenderà la diversa combinazione di carico agente sul generico palo.

Su ogni palo costituente la struttura del molo si assume ragionevolmente l'assenza di sforzi di trazione: essi, infatti, sono sempre compensati dal peso proprio del palo.

Tabella 22 Carichi max permanenti e variabil al netto del peso del palo. (evidenziate in giallo i valori dei carichi considerati)

TIPO DI PALO	LATO MARE		LATO TERRA	
	kN/palo			
	G	Q	G	Q
palo standard	2259.2	5763.4	2259.2	5763.4
palo gru STS	2501.7	11094.9	2501.7	16034.5
palo gru trastainer	2501.7	7808.8	2501.7	7752.4
palo impianto di trattamento	3067.7	5763.4	3067.7	5763.4

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 63	Di 87

Il palo standard è la tipologia di palo, meno sollecitata in quanto non sono previsti su di essa carichi particolari oltre quelli permanenti strutturali e un carico variabile di 6 tonnellate al m². I pali standard sono distribuiti uniformemente sull'area soggetta ad ampliamento e la loro condizione di carico è quella di base per le altre 3 tipologie di pali a cui si aggiungono condizioni di carico specifiche.

Il "palo impianto di trattamento" aggiunge il peso dell'impianto alle condizioni di carico standard, tali pali sono localizzati in prossimità dei sondaggi S3 e S7 da cui sono stati ricavati gli schemi geotecnici per la verifica.

I pali gru trastainer sono disposti in file parallele distanti 30-40 m una dall'altra. La condizione di carico più gravosa per questo tipo di palo è quella relativa al caso di sisma in cui si aggiunge, oltre al peso della gru, il carico restituito dalla gru al palo dovuto al terremoto. Stesso discorso vale per i pali gru STS che risultano i più sollecitati. Questi pali sono concentrati solamente in 2 file da 11 pali ciascuna distanti 30 m, e pertanto la verifica ha interessato un solo schema geotecnico di calcolo.

È evidente come, una volta verificato il palo gru STS siano immediatamente verificate anche le altre tipologie dei pali, vista la maggiore gravosità delle condizioni di carico e vista la maggiore profondità del tetto del flysch nella zona su del molo. Si è comunque deciso di riportare le verifiche anche per gli altri pali imponendo in ogni verifica l'ammorsamento del palo in 2 m nel flysch integro. Quindi la lunghezza dei pali non varia in base alla condizione di carico ma la vera discriminante risulta essere la zona in cui è situato il palo e quindi lo schema geotecnico di calcolo.

Da sottolineare come lo schema geotecnico ottenuto dal sondaggio S5 rappresenti una condizione particolare, in quanto la presenza di uno strato riconosciuto come LITOTIPO B1 dello spessore di 16 m rende oneroso ammorsare il palo nel flysch integro situato a -49.6 m dal l.m.m.. La verifica su tale modello geotecnico di calcolo è stata effettuata per le condizioni di carico "palo gru trastainer" e "palo standard", imponendo l'ammorsamento del palo per almeno 2 metri nel flysch alterato e verificando che tale soluzione non producesse cedimenti non compatibili con la funzionalità dell'opera. (cfr. paragrafo 7, 8 e Allegato 6). Per la valutazione dei cedimenti sono stati considerati i carichi N complessivi agenti nelle più sfavorevoli condizioni per ogni tipologia di palo, considerando il cedimento provocato da ogni palo, indipendente da quelli dei pali adiacenti. Tale ipotesi, come già accennato, è giustificata dall'elevato rapporto interasse-diametro e l'elevata rigidità del substrato litoide.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 64	Di 87

9.5.2 Ipotesi di calcolo

In riferimento sia all'eterogeneità del materiale che compone il LITOTIPO A sia alla necessità di interferire il meno possibile, nella realizzazione dei nuovi pali lato terra, con l'attuale banchina non modificandone, nella sostanza, l'attuale distribuzione tensionale, è stato deciso di considerare il contributo alla portanza dei pali, fornito solo ed esclusivamente del LITOTIPO B, ciò bypassa, fra l'altro, qualunque possibile problematica legata ad un potenziale fenomeno della liquefazione (in merito si rimanda, in ogni caso, a quanto già argomentato in sede di paragrafo 7).

Nello schema di calcolo si è pertanto assunto quale non collaborante alla portanza il LITOTIPO A (sedimenti), quest'ultimo comunque contraddistinto da caratteristiche meccaniche tali da giustificare questa ipotesi.

9.5.3 Output di calcolo resistenza

Per tutti gli schemi geotecnici considerati sono state svolte le verifiche, in ogni caso, sia secondo l'approccio 1 sia secondo l'approccio 2 (cfr. paragrafo 9.3). Si è anche proceduto all'esecuzione delle verifiche in condizioni sismiche (metodo pseudostatico).

In Tabella 23 sono riassunti i risultati di tutte le combinazioni di verifica esplorate ferma restando la circostanza per la quale, nell'apposito Allegato di calcolo, è riportata la sola verifica che fornisce il coefficiente di verifica [7] secondo la combinazione A1+M1+R3.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m		Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 65	Di 87

Tabella 23 Risultati della verifica dei pali a forze verticali, per diverse condizioni di carico e diversi schemi geotecnici di calcolo

caso	Schema geotecnico di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	Rcd	Nd	Fs	cedimento del palo
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		(mm)
palo standard	SG 1	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	38,50	4708,45	5763,40	90805,30	14766,10	6,15	1,37
			A2+M1+R2					53414,88	12200,88	4,38	
			A1+M1+R3					67263,19	14702,42	4,57	
			SISMA					4708,45	5001,52	67263,19		9709,99	6,93	1,27
palo standard	SG 2	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	39,15	4749,82	5763,40	39079,86	14819,86	2,64	2,65
			A2+M1+R2					22988,15	12242,24	1,88	
			A1+M1+R3					28948,05	14819,86	1,95	
			SISMA					4749,82	5004,95	28948,05		9754,77	2,97	2,46
palo standard	SG 3	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	35,45	4514,43	5763,40	39314,84	14513,86	2,71	2,43
			A2+M1+R2					23126,38	12006,85	1,93	
			A1+M1+R3					29122,10	14513,86	2,01	
			SISMA					4514,43	4872,56	122431,33		9386,99	3,10	2,22
palo standard	SG 4	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	41,95	4927,94	5763,40	66658,16	15051,43	4,43	1,48
			A2+M1+R2					52917,89	12456,36	4,25	
			A1+M1+R3					66637,31	15098,23	4,41	
			SISMA					4927,94	5019,74	66658,16		9947,68	6,70	1,37
palo standard	SG 6	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	47,20	5261,93	5763,40	90033,13	15485,61	5,81	1,65
			A2+M1+R2					52960,66	12754,35	4,15	
			A1+M1+R3					66691,20	15236,01	4,38	
			SISMA					5261,93	5047,46	66691,20		10309,39	6,47	1,54

caso	Schema geotecnico di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	Rcd	Nd	Fs	cedimento del palo
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		(mm)
palo gru STS	SG 6	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,8	47,2	5504,53	16034,50	90033,13	31207,64	2,88	3,22
			A2+M1+R2					52960,66	26349,38	2,01	
			A1+M1+R3					66691,20	31207,64	2,14	
			SISMA					5504,53	13284,5	66691,20		18789,01	3,55	2,81

caso	Schema geotecnico di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	Rcd	Nd	Fs	cedimento del palo
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		(mm)
palo impianto di depurazione	SG 5	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	40,00	5612,39	5763,40	90495,10	15941,21	5,68	1,52
			A2+M1+R2					53232,41	13104,81	4,06	
			A1+M1+R3					67033,41	15941,21	4,21	
			SISMA					5612,39	4936,24	67033,41		10548,63	6,35	1,41

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 66 Di 87

caso	Schema geotecnico di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	Rcd	Nd	Fs	cedimento del palo
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		(mm)
palo gru trastainer	SG6	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	47,20	5504,53	7808,80	90033,13	18869,09	4,77	1,99
			A2+M1+R2					52960,66	15655,97	3,38	
			A1+M1+R3					66691,20	18869,09	3,53	
			SISMA					5504,53	6566,30	66691,20		12070,84	5,52	1,81
palo gru trastainer	SG3	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,80	35,45	4756,93	7808,80	39314,84	17896,01	2,20	3,00
			A2+M1+R2					23126,38	14907,33	1,55	
			A1+M1+R3					29122,10	17896,01	1,63	
			SISMA					4756,93	6522,30	29122,10		11279,23	2,58	2,66

Il dimensionamento a capacità portante assiale dei pali delle due vie di corsa fornisce il seguente dettaglio (ordinato procedendo da nord verso sud):

Schema geotecnico 1 (standard, gru trastainer, impianto di trattamento nord)

D= 1.800 mm,

L= 38.5 m

Schema geotecnico 2 (standard, gru trastainer)

D= 1.800 mm,

L= 39.15 m

Schema geotecnico 3 (standard, gru trastainer)

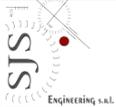
D= 1.800 mm,

L= 35.45 m

Schema geotecnico 4 (standard, gru trastainer)

D= 1.800 mm,

L= 41.95 m

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 67	Di 87

Schema geotecnico 5 (standard, gru trastainer, impianto di trattamento sud)

D= 1.800 mm,

L= 40 m

Schema geotecnico 6 (standard, gru STS)

D= 1.800 mm,

L= 47.2 m

Schema geotecnico 7 (pali esistenti intervento di riqualificazione)

D= 2.00 mm,

L= 43.4 m

Ne discende, quindi, un diametro pari a $D = 1.800$ mm comune a tutti i nuovi pali con una lunghezza da 38.5 m a 47.2 m procedendo da nord verso sud.

Si rimanda alla visione dell'Allegato 6 per il dettagli analitico dei calcoli svolti.

9.5.4 Output di calcolo cedimenti

In riferimento all'analisi dei carichi di progetto, schematicamente riassunta al sottoparagrafo 9.5.1 della presente relazione, ed in riferimento alla geometria finale derivata dal dimensionamento di cui al paragrafo che precede è stato possibile calcolare il cedimento massimo atteso sul singolo palo, secondo la teoria richiamata al paragrafo 9.4.

Anche nella condizione più gravosa i cedimenti massimi sono risultati dell'ordine di pochi millimetri.

Nel rimandare all'Allegato 6 per il dettaglio analitico del calcolo, nella tabella del paragrafo precedente sono stati i valori del cedimento massimo ottenuto nell'ambito del singolo palo. Si precisa che il calcolo analitico in forma chiusa del cedimento ha fatto riferimento, cautelativamente, ad una lunghezza utile L_u (cfr. espressioni [12] e [13]) pari alla sola lunghezza di palo all'interno del LITOTIPO B2 su cui è intestato o B1 nel caso delle verifiche fatte nella sezione 4.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 68	Di 87

L'esame dei cedimenti consente anche di concludere che le distorsioni massime (cedimenti differenziali), appaiono di entità tale da risultare del tutto compatibili con l'esercizio delle gru transtainer che delle gru STS in base alle tolleranze prescritte dal fornitore delle gru medesime.

10. DIMENSIONAMENTO DEI PALI A FORZE ORIZZONTALI

10.1 PREMESSA

Si riferisce in questa sede la teoria di riferimento per le verifiche progettuali dei pali di fondazione a forze orizzontali (rottura ed esercizio), ai sensi del D.M. 14/01/2008 (di seguito semplicemente NTC 2008), premettendo che le forze orizzontali agenti sul molo sono: il tiro delle bitte, l'accosto delle navi sui parabordi, gli scarichi orizzontali delle gru di banchina. Queste azioni sono ripartite uniformemente in quanto si è assume che l'impalcato del molo, si comporti come una piastra rigida.

In tal senso, pertanto, ed in riferimento ai pali di grande diametro previsti in progetto ($D = 1.800$ mm), sono state condotte le necessarie verifiche geotecniche con i metodi semiprobabilistici allo stato limite ultimo e di esercizio di cui alle NTC 2008, verificando il comportamento a forze orizzontali sia in termini di resistenza sia in termini di deformabilità per il singolo palo più sollecitato. Per favorire la comprensione, i risultati del calcolo sono esposti in un apposito paragrafo (oltre che nella sezione allegati), diverso rispetto al presente, dedicato alla descrizione delle modalità di svolgimento del calcolo stesso, comprensivo degli opportuni richiami alla teoria di riferimento.

10.2 CARICO LIMITE ALLE AZIONI ORIZZONTALI

In presenza di forze orizzontali sul palo, come in questo caso (inerzia mobilità gru, sisma, vento, tiro della bitta e accosto delle barche sui respingenti), è necessario procedere al dimensionamento del medesimo a carico limite sotto queste azioni.

La complessità del problema nel suo insieme è tale da risultare senz'altro inquadrabile quale problema tridimensionale, essendo così definibile lo stato tenso-deformativo del complesso palo-terreno sotto azioni orizzontali. Per poter giungere ad una soluzione analitica, pertanto, è necessario procedere introducendo alcune ipotesi semplificative (teoria di Broms, 1964):

- il terreno è omogeneo;
- il comportamento dell'interfaccia palo-terreno è di tipo rigido-perfettamente plastico;

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 69 Di 87

- la forma del palo è ininfluyente e l'interazione palo-terreno è determinabile solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo misurata normalmente alla direzione del movimento (nel caso di pali circolari, quali quelli in argomento, il diametro D del palo stesso);
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico: ne discende che sono considerate trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

In particolare l'ultima delle ipotesi appena elencate comporta che il palo abbia solo moti rigidi fino al punto in cui si determina la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione procede indefinitamente con momento costante.

In ragione del fatto che i pali sono vincolati in testa dal plinto di solidarizzazione, vale a dire da una struttura che ne limita totalmente o parzialmente le rotazioni, la condizione di lavoro attesa per i pali sotto carichi orizzontali è proprio quella di pali con testa impedita di ruotare.

In riferimento alle condizioni non drenate, il diagramma di distribuzione della resistenza "p", offerta dal terreno lungo il fusto del palo, ottenuto su basi teoriche e sperimentali (Broms, 1964), è quella riportata in figura 15.

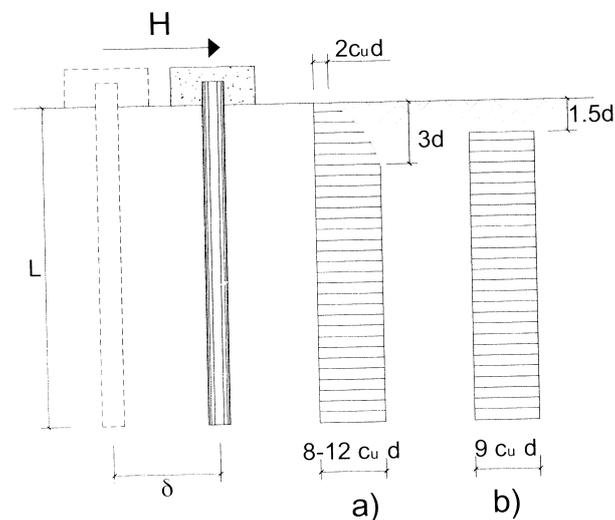


Figura 15 Diagramma semplificato distribuzione resistenza terreno coesivo ad azione H (Broms, 1964)

Come è possibile evincere dalla figura stessa, l'interpretazione semplificata del diagramma porta ad una schematizzazione con reazione nulla fino ad una profondità pari a $1,5 d$ e, successivamente, costante con valore pari a $9 \cdot c_u \cdot d$.

I possibili meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione ed anche, evidentemente ed infine, dalla resistenza che il terreno è in grado di esercitare.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00		
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 70	Di 87

I meccanismi di rottura potenzialmente occorrenti sono quelli rimessi alla figura che segue:

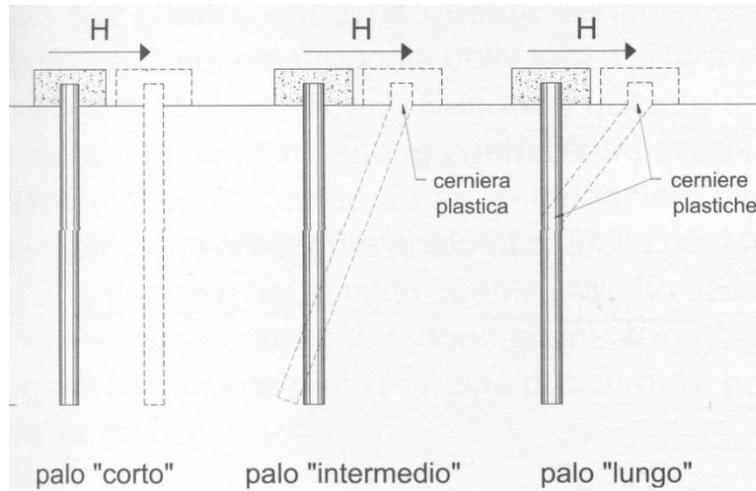


Figura 16 Meccanismi di rottura del complesso palo-terreno

Si tratta, in sintesi, di tre cinematismi differenti:

- meccanismo "a palo corto": in nessuna sezione del palo viene raggiunto il momento di plasticizzazione M_y (assenza di cerniere plastiche);
- meccanismo "a palo intermedio": il momento di plasticizzazione viene raggiunto solo in corrispondenza dell'attacco palo-plinto (una cerniera plastica);
- meccanismo "a palo lungo": il momento di plasticizzazione viene raggiunto, oltre che in corrispondenza dell'attacco palo-plinto, anche in una ulteriore sezione lungo il fusto del palo (formazione di due cerniere plastiche).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio, ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite orizzontale H corrispondente ai tre meccanismi di rottura, funzione delle caratteristiche del terreno (c_u), delle caratteristiche geometriche del palo (L e d) oltre che del momento di plasticizzazione M_y :

$$palo_corto: \longrightarrow H = 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(\frac{L}{d} - 1,5 \right) \quad [17]$$

$$palo_intermedio: \longrightarrow H = -9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(\frac{L}{d} + 1,5 \right) + 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \cdot \frac{M_y}{c_u \cdot d^3} + 4,5} \quad [18]$$

$$palo_lungo: \longrightarrow H = -13,5 \cdot c_u \cdot d^2 + c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{182,25 + 36 \cdot \frac{M_y}{c_u \cdot d^3}} \quad [19]$$

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 71	Di 87

Il più basso dei tre valori, forniti da queste espressioni, rappresenterà il carico limite di riferimento cercato.

Analogamente, per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità, secondo la legge

$$p = 3 \cdot k_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d \quad [19_a]$$

dove è:

- k_p = coefficiente di spinta passiva;
- z = profondità dal piano campagna;
- γ = peso dell'unità di volume del terreno che, nel caso di terreno in falda, coincide con il γ' .

La figura che segue schematizza l'andamento triangolare della "p" espresso dalla 19_a:

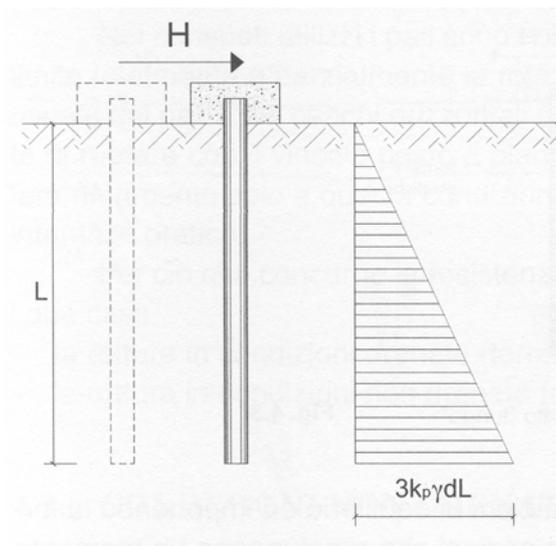


Figura 17 Diagramma semplificato distribuzione resistenza terreno granulare ad azione H (Broms, 1964)

La giustificazione del fattore 3 che determina, di fatto, un valore della resistenza del terreno triplicato rispetto alla resistenza passiva ed apparentemente privo di significato fisico, trova risposta nel fatto che il fenomeno di rottura si esplica nello spazio tridimensionale comprendendo, pertanto, anche le tensioni tangenziali che si sviluppano sulle superfici laterali del palo.

I meccanismi di rottura possibili sono i medesimi già precedentemente elencati (cfr. Figura 16) che, per terreni a comportamento attritivo, diventano i seguenti:

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 72	Di 87

$$palo_corto : \longrightarrow H = 1,5 \cdot k_p \cdot \gamma \cdot d^3 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^2 \quad [17']$$

$$palo_intermedio : \longrightarrow H = \frac{1}{2} \cdot k_p \cdot \gamma \cdot d^3 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad [18']$$

$$palo_lungo : \longrightarrow H = k_p \cdot \gamma \cdot d^3 \cdot \sqrt{\left(3,676 \cdot \frac{M_y}{k_p \cdot \gamma \cdot d^4}\right)^2} \quad [19']$$

Il coefficiente di spinta passiva k_p è valutato, in riferimento all'angolo di resistenza al taglio φ' , attraverso l'espressione di Rankine:

$$k_p = \frac{1 + \text{sen}\varphi'}{1 - \text{sen}\varphi'} \quad [19_b]$$

10.3 COEFFICIENTE DI SICUREZZA E STATO LIMITE ULTIMO

Il D.M. 11 marzo 1988 non tratta in maniera esaustiva ed esplicita i pali soggetti a forze orizzontali, pur essendo prassi consolidata e consuetudine professionale operare in maniera analoga rispetto ai pali soggetti alle forze verticali definendo, quale coefficiente di sicurezza globale F_s , il rapporto fra il valore medio stimato della capacità portante limite del palo ($R_{cm}=Q_{lim}$) ed il valore caratteristico del carico applicato al palo F_{ck} , con valori che è prassi dover risultare compresi fra $2,5 < F_s < 3$. Oggi, le normative più recenti tendono, per contro, ad introdurre metodi di calcolo basati su verifiche agli stati limite per l'analisi delle strutture.

In diretto riferimento a quanto previsto dalle vigenti NTC 2008, per comprovare che la fondazione è in grado di sopportare il carico di progetto con un adeguato margine di sicurezza nei confronti dello stato limite deve verificarsi la seguente condizione:

$$F_{tr,d} \leq R_{tr,d} \quad [20]$$

dove è:

- $F_{tr,d}$ = carico trasversale di progetto,
- $R_{tr,d}$ = capacità portante di progetto allo stato limite ultimo della palificata per carichi trasversali.

Detta condizione, tradotta in termini di coefficiente di sicurezza di cui all'espressione [20], si traspone nel verificare detto coefficiente risultare maggiore ovvero eguale all'unità.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 73	Di 87

Le verifiche devono essere effettuate con almeno uno dei seguenti due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: A1+M1+R1,
- Combinazione 2: A2+M1+R2⁵;

Approccio 2: A1+M1+R3

ove il segno “+” deve intendersi non nel senso algebrico del termine bensì nel senso di “combinato con”.

Nel caso in cui si opti per l’approccio 1 le verifiche devono essere eseguite con entrambe le combinazioni di fattori: in merito si ricorda che, ai fini geotecnici, la combinazione 2 è spesso la più significativa. Nel caso specifico si è proceduto all’esecuzione delle verifiche secondo entrambi gli approcci, a favore di sicurezza e per analizzare la variabilità dei risultati ottenuti, ai fini della valutazione della significatività del dimensionamento. E’ stata svolta, inoltre, la verifica in condizioni sismiche.

La normativa definisce tre serie di coefficienti parziali:

- A= coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili e sismiche);
- M= coefficienti parziali riduttivi delle resistenze dei materiali (angolo di attrito, coesione, resistenza al taglio non drenata);
- R= coefficienti parziali da applicare alla resistenza trasversale.

Nel ricordare che nel caso di fondazioni su pali i parametri geotecnici del terreno non vanno fattorizzati (assenza coefficienti M1), in Tabella 24 è riportato il dettaglio per i coefficienti A ed R.

Coefficienti A (azioni)

Tabella 24 Coefficienti da applicare alle azioni (permanenti, variabili, sismiche)

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Permanenti strutturali G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali G_2	Favorevole	γ_{G2}	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili Q	Favorevole	γ_Q	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁵ Cfr. nota 4.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 74	Di 87

I carichi permanenti portati G_2 sono, peraltro, assimilati a quelli strutturali G_1 se completamente definiti ed a quelli variabili Q in caso contrario (il gruppo EQU non è significativo per i pali).

L'azione di progetto applicata alla fondazione può esprimersi come:

$$F_{tr,d} = \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_Q \cdot Q \quad [21]$$

In condizioni di sisma agente (verifiche sismiche) i coefficienti delle azioni devono essere posti pari all'unità (γ_F).

Coefficienti R (resistenze laterali e di base)

In Tabella 25 sono riportati i valori dei coefficienti parziali adottati per il calcolo della resistenza trasversale.

Tabella 25 Coefficienti parziali da applicare alla resistenza trasversale

R1	R2	R3
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

Il valore della resistenza di progetto della capacità portante allo stato limite ultimo della palificata per carichi trasversali $R_{tr,d}$ è ricavato da quello caratteristico a mezzo della seguente espressione:

$$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T \quad [22]$$

dove il significato dei termini corrisponde a quanto già in precedenza chiarito.

In particolare, il valore caratteristico deve essere a sua volta determinato come:

$$R_{tr,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{tr,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{tr,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [23]$$

dove i fattori ξ_3 e ξ_4 dipendono dal numero delle verticali indagate n , secondo la logica riportata nella tabella 26.

Tabella 26 Coefficienti ξ in funzione delle verticali indagate

n	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 75	Di 87

Con questo metodo il calcolo di ciascun palo deve, in buona sostanza, essere ripetuto due volte per i due insiemi di parametri di resistenza del terreno: quelli medi e quelli minimi.

Dal punto di vista operativo, pertanto, una volta scelto l'insieme dei coefficienti parziali da utilizzare si procede magnificando i carichi mediante l'insieme dei coefficienti A per ottenere il carico di progetto $F_{tr,d}$. Successivamente si calcola la resistenza limite del palo con parametri medi e minimi e, da questi, al calcolo del valore caratteristico mediante la formula [23] per poi, da ultimo, calcolare la resistenza di progetto $R_{tr,d}$ proprio attraverso l'espressione [22].

Anche in questo caso l'approccio probabilistico premia i casi in cui si dispone di un maggiore numero di verticali indagate, andando a favorire le buone campagne di indagine in quanto, in proporzione diretta alla loro numerosità, si riduce anche l'incertezza nella conoscenza sia dello schema stratigrafico di riferimento sia dei parametri medi di resistenza dei terreni (maggiore dettaglio nella definizione di tale dato).

10.4 CONDIZIONI DI ESERCIZIO

La definizione dello stato di esercizio di pali soggetti a forze orizzontali si traduce nell'analisi e calcolo dello stato di deformazione, oltre che del livello di sollecitazione, lungo il fusto del palo soggetto a forze orizzontali in testa.

E' possibile svolgere l'analisi schematizzando il terreno alla Winkler; pertanto, detta z la profondità dal piano campagna e $y(z)$ lo spostamento subito dal palo, si assume la reazione orizzontale p esercitata sul palo medesimo proporzionale allo spostamento y secondo la seguente espressione:

$$p = K_h \cdot y \quad [24]$$

dove K_h è il modulo di reazione orizzontale del terreno (in sostanza rappresenta la pressione esercitata dal terreno per l'ottenimento di uno spostamento unitario; dimensionalmente $[F/L^3]$). Esso non è esclusivamente una caratteristica del terreno ma dipende anche dalla geometria, oltre che dalla flessibilità, della fondazione e, conseguentemente, dall'interazione terreno-struttura. Questo parametro è, in generale, funzione della profondità anche laddove la natura del terreno risulti costante; le leggi di variazione possono essere del tipo lineare, esponenziale o parabolico, potendo essere altresì influenzate dal tipo di sollecitazioni agenti (permanenti o transitorie), poiché il fattore tempo modifica la legge di proporzionalità, soprattutto nei terreni di natura argillosa.

Per esigenze di schematizzazione di calcolo si fa spesso riferimento ad un modulo K_h costante con la profondità, ipotesi questa che rende possibile la soluzione analitica generale del problema, pervenendo a formule tutto sommato anche semplici. Se da un lato questa semplificazione può apparire un discostarsi dalla complessità del fenomeno reale, è altresì vero che essa possa essere

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 76	Di 87

senz'altro giudicata accettabile, in quanto cautelativa, ed in considerazione delle numerose indeterminazioni che caratterizzano la problematica in questione. In queste ipotesi l'equazione differenziale della linea elastica assume la forma:

$$y^{IV}(z) + \frac{K_h \cdot D}{E \cdot J_p} \cdot y(z) = 0 \quad [25]$$

In riferimento alla lunghezza caratteristica del palo λ che ha la seguente espressione:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot J_p}{K_h \cdot D}} \quad [26]$$

l'equazione differenziale [25] può essere scritta come:

$$y^{IV}(z) + \frac{4}{\lambda^4} \cdot y(z) = 0 \quad [27]$$

Detta espressione rappresenta un'equazione differenziale lineare, omogenea, a coefficienti costanti, di cui è noto l'integrale generale e le soluzioni particolari, una volta fissate quattro condizioni al contorno.

Una volta ottenuta la funzione $y(z)$, le altre grandezze possono essere ottenute con le espressioni che qui di seguito si rimettono a cascata:

$$\text{Reazione_del_terreno} \longrightarrow p(z) = K_h \cdot y(z) \quad [28]$$

$$\text{Rotazione} \longrightarrow \alpha(z) = \frac{dy}{dz} \quad [29]$$

$$\bullet \text{ Momento_flettente} \longrightarrow M(z) = E \cdot J_p \cdot \frac{d^2 \cdot y}{dz^2} \quad [30]$$

$$\text{Taglio} \longrightarrow T(z) = E \cdot J_p \cdot \frac{d^3 \cdot y}{dz^3} \quad [31]$$

Le curve ottenute dall'integrazione della linea elastica sono del tipo sinusoidali smorzate. Dall'analisi dei diagrammi, afferenti agli spostamenti ed alle sollecitazioni, si può osservare che a distanze pari ad un paio di volte λ dalla testa dei pali, gli effetti in termini di deformazione e sollecitazione possono ritenersi trascurabili.

I pali di fondazione sono, nelle comuni applicazioni pratiche, strutture di elevata deformabilità e quindi possono essere considerati "infinitamente lunghi". Inoltre i pali sono collegati in testa da plinti, vale a dire da strutture sufficientemente rigide da poter considerare impedita la rotazione in testa. In riferimento a tali condizioni al contorno, è possibile ottenere la soluzione analitica in forma chiusa dall'equazione della linea elastica, per cui, considerando un palo a cui è applicata in testa una forza orizzontale H , si ottengono le seguenti espressioni:

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 77	Di 87

$$\text{Spostamento}_{\text{orizzontale}} \longrightarrow y(z) = \frac{H}{D \cdot K_h \cdot \lambda} \cdot e^{-z/\lambda} \cdot \left(\cos \frac{z}{\lambda} + \text{sen} \frac{z}{\lambda} \right) \quad [32]$$

$$\text{Rotazione} \longrightarrow \alpha(z) = \frac{2H}{D \cdot K_h \cdot \lambda^2} \cdot e^{-z/\lambda} \cdot \text{sen} \frac{z}{\lambda} \quad [33]$$

$$\bullet \text{ Momento}_{\text{flettente}} \longrightarrow M(z) = \frac{H \cdot \lambda}{2} \cdot e^{-z/\lambda} \cdot \left(\cos \frac{z}{\lambda} + \text{sen} \frac{z}{\lambda} \right) \quad [34]$$

$$\bullet \text{ Taglio} \longrightarrow T(z) = H \cdot e^{-z/\lambda} \cdot \cos \frac{z}{\lambda} \quad [35]$$

Relativamente alla determinazione del coefficiente di sottofondo k_s di Winkler si fa riferimento alla teoria di Bowles (1974), secondo cui, in questo caso, il coefficiente di sottofondo nella regione di pressione passiva può essere stimato mediante la seguente espressione:

$$k_s = A_s + B_s \cdot Z^n$$

dove:

- A_s è una costante;
- B_s è un coefficiente di profondità;
- Z è la profondità del piano fondazione;
- n è un coefficiente empirico.

La formula appena illustrata può essere impiegata insieme alle formule utilizzate per il calcolo della capacità portante ponendo la costante A_s ed il coefficiente B_s tramite le seguenti relazioni:

$$A_s = F_{w1} \cdot C_m \cdot C \cdot \left(c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot D_{\text{palo}} \right) \quad ; \quad B_s \cdot Z^n = F_{w2} \cdot C_m \cdot C \cdot \left(\gamma \cdot N_q \cdot Z^{1/2} \right)$$

dove a sua volta:

- F_{w1} è un coefficiente di forma per i termini di N_c e N_γ , che per fondazioni circolari (alle quali si possono assimilare i pali in progetto) risulta valere 1,30;
- F_{w2} è un coefficiente di forma per il termine di N_q , che risulta valere 2,00;
- C_m è un coefficiente che porta in conto il contributo ai lati del palo per $D_{\text{palo}} \geq 1,2$ m;
- C è un coefficiente che dipende dal cedimento atteso e che in genere si associa ad un cedimento massimo pari a 2,54 cm, assumendo cautelativamente il valore 40;

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 78	Di 87

- c rappresenta la coesione efficace c' nel caso di terreni incoerenti (tensioni efficaci) o la coesione non drenata c_u nel caso di terreni coesivi (tensioni totali);
- N_c , N_q ed N_γ sono i fattori di capacità portante che si determinano secondo le espressioni di seguito riportate:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi' \quad (\text{per terreni incoerenti}); \quad N_c = 5,14 \quad (\text{per terreni coesivi});$$

$$N_q = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi'} \quad (\text{per terreni incoerenti}); \quad N_q = 1 \quad (\text{per terreni coesivi});$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \varphi' \quad (\text{per terreni incoerenti}); \quad N_\gamma = 0 \quad (\text{per terreni coesivi});$$

- γ rappresenta il peso dell'unità di volume φ' nel caso di terreni incoerenti sotto falda (tensioni efficaci) o il peso dell'unità di volume naturale γ_{nat} nel caso di terreni coesivi (tensioni totali) o di terreni incoerenti sopra falda;
- D_{palo} è il diametro del palo che nel caso in oggetto risulta valere 1,2 m;
- Z è la profondità del piano di fondazione.

Il coefficiente di sottofondo k_s così determinato, per immediatezza d'interpretazione ed anche per distinguerlo da quello verticale, assume la denominazione di coefficiente orizzontale di Winkler k_h . Per stimare il coefficiente verticale di Winkler k_v si impiega un coefficiente moltiplicativo μ che nella fattispecie si assume valere 1,5, secondo l'espressione:

$$k_v = \mu \cdot k_h$$

Nel rinviare all'Allegato 7 per i dettagli dei calcoli svolti, qui di seguito si riassumono sinteticamente i risultati ottenuti in termini dei coefficienti k_h e k_v , determinati sia con riferimento ai parametri geotecnici medi dei litotipi interessati dal progetto, sia minimi.

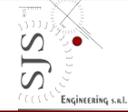
	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 79	Di 87

Tabella 27 Valori stimati dei coefficienti di Winkler orizzontale e verticale

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura
LITOTIPO A sedimenti fini	Coefficiente Winkler verticale	k_v	18	15.7	-	N/cm ³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	12	1.4	-	N/cm ³
LITOTIPO B1- flysch alterato	Coefficiente Winkler verticale	k_v	12118	4913	-	N/cm ³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	8078	3275	-	N/cm ³
LITOTIPO B2- flysch integro	Coefficiente Winkler verticale	k_v	27291	11399	-	N/cm ³
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	18194	7599	-	N/cm ³

In considerazione della delicatezza del parametro e soprattutto della sua dipendenza, non solo dalle caratteristiche del terreno, ma anche dall'interazione terreno-struttura di fondazione, si ritiene più corretto fare riferimento, quali k di Winkler caratteristici ai sensi delle NTC2008, a quelli della colonna dei minimi.

Se da un lato i risultati ottenibili dalle formule suddette appaiono comunque dispersi nell'ambito di un intervallo, decisamente ampio, si rileva, altresì, che la lunghezza \square è, per quanto visto (cfr. espressione [26]), funzione della radice quarta del modulo stesso. Ne discende che l'indeterminatezza nella definizione del K_h si risente in maniera limitata nel calcolo delle caratteristiche di sollecitazione del palo, pur ripercuotendosi più decisamente nella valutazione sia degli spostamenti sia delle pressioni laterali nel terreno.

In sintesi, nell'ambito delle verifiche svolte in questa sede, si è proceduto al calcolo delle caratteristiche di sollecitazione (taglio T e momento M) ed anche delle rotazioni del palo (α) e degli spostamenti del palo medesimo (y), tutti in funzione della profondità dal piano campagna (z). La restituzione degli output è stata resa in termini tabellari con scansione, lungo la profondità z , a passo pari ad 1/50 della lunghezza L del palo.

Il completamento del calcolo implica l'introduzione dei seguenti dati di input:

- L = lunghezza del palo [m],
- D = diametro del palo [m],
- K_h = coefficiente di reazione laterale [N/cm³],
- H = forza orizzontale agente [kN],

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 80	Di 87

- F_{ck} = resistenza cilindrica del calcestruzzo [kPa].

Altresì è necessaria la preventiva definizione del momento di plasticizzazione della sezione del palo in funzione delle caratteristiche del materiale costituente (tipo di cls) e della tipologia e disposizione delle armature. In merito si è proceduto al calcolo, adottando un modulo elastico E del cls (espresso in N/mm²) determinato a partire dalla resistenza caratteristica secondo l'espressione suggerita dalle NTC 2008:

$$E_{cls} = 22.000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} \quad [39]$$

dove il termine f_{cm} rappresenta la resistenza cilindrica media, espressa in kPa, posta pari a:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad [40]$$

10.5 ESITO DELLE VERIFICHE SVOLTE A FORZE ORIZZONTALI

10.5.1 Carichi e schemi geotecnici di riferimento

Si riassumono, nella tabella che segue, i valori dei carichi orizzontali di riferimento (che sono tutti di tipo accidentale Q) in base ai quali operare il dimensionamento a forze orizzontali secondo le combinazioni previste ai sensi delle NTC2008.

La parte più sollecitata del molo è la parte sud (nella fila dei pali interessati dal binario di corsa della gru STS) in cui nella condizione più gravosa sono stati ipotizzate 5 bitte tirate contemporaneamente sul lato sud, 2 sul lato ovest (si considera la componente trasversale) e lo scarico orizzontale della gru STS. In realtà si prevede anche un carico previsto dall'accosto di una nave su uno dei respingenti, ma il verificarsi di tale azione non può avvenire contemporaneamente a il tiro delle bitte, quindi si è scelto di utilizzare, tra le due azioni, quella più gravosa.

Questo insieme di forze, nell'ipotesi di impalcato rigido, si distribuisce uniformemente tra tutti i pali della zona sud componenti l'impalcato composta da 110 pali.

Il dimensionamento a forze orizzontali è stato eseguito sul palo più sollecitato ed in riferimento allo schema stratigrafico più cautelativo derivante dalla sezione 6 che interessa la porzione del molo in questione.

Per la stima delle condizioni di esercizio, vale a dire degli spostamenti laterali del palo e relativo stato tensionale lungo il fusto, sono state considerate le forze orizzontali massime trasmissibili ai pali al di sotto delle vie di corsa della gru STS.

Nella tabella di sintesi che segue viene riassunta la sola combinazione d'interesse in quanto maggiormente onerosa e, pertanto, definenti il dimensionamento dei pali a forze orizzontali.

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 81	Di 87

Tabella 28 Carichi orizzontali max permanenti e variabili

CARICHI ACCIDENTALI ORIZZONTALI (SITUAZIONE PIÙ GRAVOSA)					
 tiro alle bitte (lato sud)	 tiro alle bitte (lato ovest)	 scarico gru STS	 scarico gru trastainer	 totale	 carico su palo
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
7425,5	392,2	1675,6	58,8	9552,2	86,8

I valori assunti per i parametri fisico-meccanici sono quelli caratteristici di cui al paragrafo 8.4 efficacemente riassunti nella Tabella 11.

10.5.2 Ipotesi di calcolo

Per come può emergere dalla consultazione degli output di calcolo, l'interazione significativa palo-terreno a forze orizzontali dei pali lato terra si esplica nei primi metri di terreno a partire dalla testa del palo, quindi comunque sempre all'interno del LITOTIPO A dello schema geotecnico di calcolo (usualmente nell'ambito di un approfondimento pari a 5÷6 volte il diametro del palo). Per la zona sud l'unica significativa ai fini delle verifiche geotecniche a forze orizzontali per quanto già chiarito in precedenza (la struttura dei pali a mare assorbe direttamente gli esigui sforzi di taglio senza trasferire nulla di significativo al terreno sottostante), lo schema da considerare per le verifiche a rottura ed a deformazione è del tipo monostrato con i parametri pari a quelli caratteristici relativi al LITOTIPO A.

10.5.3 Output di calcolo resistenza

Per lo schema geotecnico più gravoso sono state operate in ogni caso sia le verifiche di cui all'approccio 1 sia quelle di cui all'approccio 2 (cfr. paragrafo 9.3); nell'ambito dell'approccio 1 sono state elaborate entrambe le combinazioni di carico possibili. Si è anche proceduto all'espletamento delle verifiche in condizioni sismiche (metodo pseudostatico; cfr. relazione strutturale).

Qui di seguito, pertanto, vengono tabellati i risultati di sintesi di tutte le combinazioni di verifica esplorate ferma restando la circostanza per la quale, nell'apposito Allegato di calcolo, verrà rimessa la sola verifica secondo la combinazione di coefficienti A1+M1+R3 (approccio 2).

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 82	Di 87

Tabella 29 Output verifiche pali a forze orizzontali (resistenza)

metodo di calcolo	D (m)	L _{tot} palo (m)	G (kN)	Q (kN)	M _{plasticizz} (KN*m)	meccanismo dominante	H _d (kN)	F _d (kN)	F _s (-)
A1+M1+R1	1,8	47,2	0,00	86,80	2845,27	palo lungo	803,33	130,20	6,21
A2+M1+R2						palo lungo	505,20	112,84	4,48
A1+M1+R3						palo lungo	621,79	130,20	4,78
SISMA			0	392,1922		palo lungo	621,79	392,19	1,59

Pertanto, il dimensionamento a forze orizzontali dei pali restituisce la conferma della geometria definita nel dimensionamento verticale (cui si rimanda) fornendo, al contempo, le seguenti indicazioni di momento di plasticizzazione minimo (ed una ipotesi percorribile per la relativa armatura) necessario al soddisfacimento delle verifiche medesime:

PALI ZONA SUD (schema geotecnico 6)

$$M_{\text{plast.min}} = 2845 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N° 24 x Φ 22 mm

Si rimanda alla visione dell'Allegato 8 per il dettaglio analitico delle calcolazioni svolte in termini di verifica a forze orizzontali (resistenza).

10.5.4 Output di calcolo esercizio

In riferimento all'analisi dei carichi, schematicamente riassunta al paragrafo 10.5 del presente capitolo, ed in riferimento alla geometria finale derivata dal dimensionamento di cui al paragrafo precedente è stato possibile calcolare, lungo la verticale del palo, gli spostamenti orizzontali (deformata), il taglio sollecitante, il momento flessionale oltre alla rotazione ed alla pressione trasmessa al terreno (cfr. teoria richiamata al paragrafo 10.4).

Nel rimandare all'Allegato 8 per il dettaglio analitico dei calcoli, nella tabella 30 si riportano i valori di output più rappresentativi. Come evidente, i valori massimi degli spostamenti in testa risultano, analogamente ai cedimenti rilevati a forze verticali, dell'ordine al massimo di pochi millimetri nella peggiore delle condizioni (sisma).

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 83 Di 87

Tabella 30 Output verifiche analitiche a forze orizzontali (deformazioni)

caso	stratigrafia di riferimento	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	M plasticizz	T agente	kh	Mmax	pmax	y _{max}	α _{max}
			(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN)	(N/c m ³)	(kN/m)	(kN)	(cm)	(°)
palo molo zona sud	sezione 6	SLE	1,8	47,2	0	86,80	2845,2	-86,8	11,00	331,85	0,63	0,057	-0,00267
		SISMA			0	392,19		-392,2		1499,42	2,85	0,259	-0,01249

10.6 INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO

L'intervento di riqualificazione riguarda la porzione sud del molo esistente, compresa nell'ampliamento, avvenuto negli anni 90, in corrispondenza dei binari delle gru STS (lungo 300 m dal lato ovest del molo). L'intervento prevede la sostituzione delle piastre e delle vie di corsa per limitarne i cedimenti, in ragione delle nuove condizioni operative previste.

I pali presentano uno svasamento nella parte bassa, per cui alla punta si raggiungono i 2 m di diametro. Questi s'intestano per 4 m all'interno del LITOTIPO B.

La verifica è consistita nel valutare la compatibilità delle nuove condizioni di carico con l'assetto delle fondazioni esistenti.

Per la verifica a forze verticali è stata utilizzata la condizione di carico più gravosa "palo gru STS" e per quella a forze orizzontali sono stati utilizzati i carichi agenti sui pali della zona sud.

Per tutte le verifiche è stato utilizzato lo schema geotecnico 7 (Per dettagli si veda l'Allegato 5).

L'esito delle verifiche è stato positivo, vista anche l'analogia costruttiva che sussiste tra il molo esistente con la parte di futura costruzione in cui sono previste le medesime condizioni di carico.

Nel rinviare agli allegati 6 e 8 per il dettaglio dei calcoli svolti, si riassumono in tabella i valori dei risultati ottenuti:

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 84	Di 87

Tabella 31 Risultati della verifica della compatibilità geotecnica dell'intervento di riqualificazione

caso	Schema geotecnico di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	Rcd	Nd	Fs	cedimento del palo
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(-)	(mm)
palo gru STS	SG7	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	2,00	43,40	5957,55	16034,50	113504,09	31735,31	3,58	2,80
			A2+M1+R2					66767,11	26755,28	2,50	
			A1+M1+R3					84077,10	31735,31	2,65	
			SISMA			5957,55	13182,23	84077,10	19092,65	4,40	2,44

caso	stratigrafia di riferimento	annotazioni	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	M _{plasticizz}	meccanismo dominante	Hd	Fd	Fs
				(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN/m)		(kN)	(kN)	(-)
palo gru STS	SG7	sedimenti fini non portanti	A1+M1+R1	1,8	43,4	0,00	86,80	2806,11	palo lungo	800,69	130,2	6,15
			A2+M1+R2						palo lungo	500,44	112,84	4,43
			A1+M1+R3						palo lungo	615,92	130,2	4,73
			SISMA			0	441,4258	palo lungo	615,92	441,43	1,40	

caso	stratigrafia di riferimento	metodo di calcolo	D	Ltot palo	G	Q	M _{plasticizz}	T _{agente}	kh	Mmax	pmax	y _{max}	amax
			(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN)	(N/cm ³)	(kN)	(kN)	(-)	(°)
palo gru STS	SG7	SLE	1,80	43,40	0,00	86,80	2806,11	-86,80	11,00	331,85	0,63	0,057	-0,00277
		SISMA			0,00	441,42		-442,41		1691,41	3,21	0,29	-0,01412

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014	
	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	Pagina 85	Di 87

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geotecnica a corredo dell'intera progettazione definitiva (particolarmente utile ai fini della stima da un lato delle forze trasmesse ai pali di fondazione e, dall'altro lato, delle deformazioni attese), ha consentito il definitivo dimensionamento delle fondazioni indirette.

La campagna d'indagini geognostiche, dirette ed indirette, contestuale alla presente progettazione ed esperita ad hoc, ad integrazione di quelle pregresse, ha consentito la ricostruzione di un modello geotecnico di riferimento senz'altro soddisfacente ai fini della corretta risoluzione delle problematiche progettuali specifiche. In tal senso, l'attuale campagna (2014) ha ottimizzato il rapporto costi-benefici, proprio dell'intero intervento consentendo un corretto dimensionamento delle fondazioni indirette che ha senz'altro comportato, già in questa fase, un'economia globale di progetto.

12. RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione è stata redatta nel rispetto del quadro legislativo vigente ed in particolare seguendo le prescrizioni delle seguenti norme e/o riferimenti tecnici specifici di settore:

- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64** – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- **Raccomandazioni AGI (1977)** – *“Sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche”*;
- **Raccomandazioni AGI (1984)** – *“Sui Pali di Fondazione”*;
- **D.M. LL.PP. 11/3/1988** – *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;
- **Circolare Min. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483** – *Legge 2 febbraio 1974 n.64, art1. D.M. 11 marzo 1988 “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;
- **Raccomandazioni AGI (1994)** – *“Sulle Prove Geotecniche di Laboratorio”*;
- **Circolare Min. LL.PP. 9 Gennaio 1996, n. 218/24/3** – *Legge 2 febbraio 1974, n.64. Decreto M. LL.PP. 11 marzo 1988: “Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”*;
- **Eurocodice 7 (UNI ENV 1997-1)** – *“Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali”*;
- **Eurocodice 8 (UNI ENV 1998-5)** – *“Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*;

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 86	Di 87

- **Presidenza del Consiglio dei Ministri - Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003** – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”;
- **Presidenza del Consiglio dei Ministri - Ordinanza n. 3316 del 02 ottobre 2003** – “*Modifiche ed integrazioni all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003*”;
- **Presidenza del Consiglio dei Ministri - Ordinanza n. 3431 del 05 marzo 2005** – “*Ulteriori modifiche ed integrazioni all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003*”;
- **Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163** – “*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*”;
- **D.M. LL.PP. 14 gennaio 2008** – “*Norme tecniche per le costruzioni*” (NTC 2008);
- **Circolare C.S. LL.PP. 2 febbraio 2009 n° 617** – “*Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*”;
- **D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** – “*Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»*”.

Roma, Novembre 2014

Il Direttore Tecnico
Dott. Ing. Michelangelo Lentini

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Novembre 2014
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		Pagina 87	Di 87

13. ELENCO ALLEGATI

1. Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove di laboratorio relative ai sondaggi delle precedenti campagne
 - 1a. Report di sintesi degli esiti delle prove di laboratorio su campioni prelevati nei sondaggi S1-67, S2-67, S3-67 - (campagna 1967)
 - 1b. Report di sintesi degli esiti delle prove di laboratorio su campioni prelevati nei sondaggi S1-83, S2-83, S3-83, S4-83, S5-83, S6-83, S7-83 - (campagna 1983)
 2. Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove (in situ e di laboratorio) relativi ai sondaggi della campagna del 2014
 - 2.a Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove SPT di interesse relative ai sondaggi della campagna del 2014 (materiali incoerenti)
 - 2.b Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove SPT di interesse relative ai sondaggi della campagna del 2014 (materiali coesivi)
 - 2.c Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove di laboratorio di interesse relative ai sondaggi della campagna del 2014 (materiale sciolto-sedimenti)
 - 2.d Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove di laboratorio su materiale lapideo e valutazione dei parametri geotecnici di calcolo dell'ammasso roccioso
 3. Sezioni stratigrafiche longitudinali (Elaborato 0129TST01055-00)
 4. Sezioni stratigrafiche trasversali (Elaborato 0129TST01056-00)
 5. Schemi geotecnici di riferimento
 6. Dettaglio analitico dei calcoli di verifica a forze verticali (resistenza e cedimenti)
 7. Dettaglio dei calcoli di stima dei coefficienti di Winkler
 8. Dettaglio analitico dei calcoli di verifica a forze orizzontali (resistenza e deformazioni)
-

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 1

**ALLEGATO 1 –REPORT DI SINTESI DEGLI ESITI DELLE PROVE DI LABORATORIO
RELATIVI AI SONDAGGI DELLE PRECEDENTI CAMPAGNE**

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 1

**ALLEGATO 1a - Report di sintesi degli esiti delle prove di laboratorio su
campioni prelevati nei sondaggi S1-67, S2-67, S3-67 -
(campagna 1967)**

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		ALLEGATO 1

LEGENDA ESPLICATIVA TABELLE E GRAFICI

Analisi granulometrica

G % = frazione ghiaiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

S % = frazione sabbiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

L % = frazione limosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

A % = frazione ghiaiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%].

Parametri fisici e limiti di Atterberg

γ_{nat} = peso dell'unità di volume allo stato naturale, espresso in [g/cm³];

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale, espresso in [%];

G_s = peso specifico dei granuli, espresso in [g/cm³];

LL = limite di liquidità, espresso in [%];

LP = limite di plasticità, espresso in [%];

IP = indice di plasticità, espresso in [%];

IC = indice di consistenza, [adim].

Classifica Casagrande

C = Argille inorganiche;

L = Bassa compressibilità;

M = Limi inorganici;

I = Media compressibilità;

O = Argille e limi organici;

H = Alta compressibilità.

Prova edometrica

E_{ed} = modulo edometrico, espresso in [MPa];

$\sigma_{preconsolidaz}$ = pressione di consolidazione o di preconsolidazione, espressa in [kg/cm²];

σ'_{vo} = pressione litostatica efficace in posto, espressa in [kg/cm²];

O.C.R. = grado di sovraconsolidazione, [adim].

Prova TX – (U.U. o C.I.D.) (prove triassiali non consolidate -non drenate o consolidate-drenate)

C_u = coesione non drenata, espressa in [kg/cm²];

φ = angolo di resistenza al taglio, espresso in [°];

c' = coesione efficace, espressa in [kg/cm²].

Pocket penetrometer

R_p = resistenza alla punta, espressa in [kg/cm²];

C_u = coesione non drenata, espressa in [kg/cm²].

Prova ELL (prova di compressione ad espansione laterale libera)

σ = pressione di rottura del provino, espressa in [kg/cm²];

C_u = coesione non drenata, espressa in [kg/cm²].

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S1

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S1-67-1	argilla		20,0			8	25	67		80	2,62	82,5	30,5	52		CH
2	S1-67-2	argilla fangosa		29,6			7	53	40		27	2,72	30,5	20,1	10,4		CI
3	S1-67-3	torba argillosa		32,5							151	2,01	282	214	68		MH
4	S1-67-4	argilla		33,6			5	45	50		28,5	2,69	39,5	26,5	13		MI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)
1	S1-67-1	argilla		20,0													
2	S1-67-2	argilla fangosa		29,6		36,11111									0,5	0,25	33,0
3	S1-67-3	torba argillosa		32,5													
4	S1-67-4	argilla		33,6		35,01684									1,0	0,50	32,0

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S2

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S2-67-1	argilla fangosa		26,1			8	44	48		57,0	2,6	63,0	31,2	31,8		CH
2	S2-67-2	sabbia argillosa grigia		29,2			37	41	22		21,5	2,7	24,0	20,7	3,3		CL
3	S2-67-3	argilla fangosa torbosa		31,0			30	29	41		74,0	2,5	117,0	59,0	58,0		MH
4	S2-67-4	argilla torbosa		32,2			34	36	30		19,0	2,7	28,0	18,0	10,0		CL

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)
1	S2-67-1	argilla fangosa		26,1											0,18		10,5
2	S2-67-2	sabbia argillosa grigia		29,2													
3	S2-67-3	argilla fangosa torbosa		31,0													
4	S2-67-4	argilla torbosa		32,2													

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S3

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S3-67-1	argilla molle grigio verde		24,2			8	25	67		66,0	2,7	74,5	27,5	47,0		CH
2	S3-67-2	argilla molle grigio verde		27,3			5	32	63		54,5	2,7	68,0	30,5	37,5		CH
3	S3-67-3	fango argilloso		28,4			6	68	26		81,0	2,4	135,0	55,5	79,5		MH
4	S3-67-4	argilla fangosa		31,1			25	30	45		22,0	2,7	36,5	17,0	19,5		CI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL			
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	
1	S3-67-1	argilla molle grigio verde		24,2														
2	S3-67-2	argilla molle grigio verde		27,3		17,33333					0,15	12,0	0,1			0,3	0,15	13,0
3	S3-67-3	fango argilloso		28,4														
4	S3-67-4	argilla fangosa		31,1		34,43709						23,0	0,1			0,6	0,32	27,0

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 1

**ALLEGATO 1b - Report di sintesi degli esiti delle prove di laboratorio su
campioni prelevati nei sondaggi S1-83, S2-83, S3-83, S4-83, S5-
83, S6-83, S7-83 - (campagna 1983)**

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S1

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S1-83-A	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare		21,50												
2	S1-83-B	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare e veli torbosi		24,10			1	33	66	1,69	54,00	2,69	68,00	30,00	38,00	CH
3	S1-83-C	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare		26,00						1,72	36,00	2,68	50,00	28,00	22,00	CH
4	S1-83-D	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare con rare punteggiature torbose		29,25						1,71	35,00	2,67	56,00	32,00	24,00	MH
5	S1-83-E	argilla limosa cenere con tracce di torba		31,10			3	33	64	1,68	62,00	2,65	74,00	32,00	42,00	CH
6	S1-83-F	argilla marrone granulare a matrice limo-argillosa		31,35						1,10	151,00	2,00	282,00	214,00	68,00	CH
7	S1-83-1	torba marrone granulare a matrice limo-argillosa	31.55-31.95	31,75												
8	S1-83-2	limo argilloso debolmente sabbioso cenere con noduli calcarei	32.65-33.05	32,85						1,95	24,00	2,70	30,00	18,00	12,00	CI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S1-83-A	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare		21,50									0,20	0,100			0,15
2	S1-83-B	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare e veli torbosi		24,10									0,25	0,125			0,15
3	S1-83-C	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare		26,00									0,25	0,125			0,15
4	S1-83-D	argilla debolmente limosa cenere con tracce di tritume conchigliare con rare punteggiature torbose		29,25									0,25	0,125			0,15
5	S1-83-E	argilla limosa cenere con tracce di torba		31,10									0,65	0,325			0,30
6	S1-83-F	argilla marrone granulare a matrice limo-argillosa		31,35									0,80	0,400			0,33
7	S1-83-1	torba marrone granulare a matrice limo-argillosa	31,55-31,95	31,75									1,85	0,925			
8	S1-83-2	limo argilloso debolmente sabbioso cenere con noduli calcarei	32,65-33,05	32,85		166,83							0,35	0,175			0,15

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S2

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S2-83-A	argilla cenere debolmente limosa con fiamme nocciola		29,2												
2	S2-83-B	argilla cenere debolmente limosa con fiamme nocciola		30,3			1	29	70							
3	S2-83-1	argilla limosa grigia chiara	30,5-31,1	30,8						1,97	30	2,76	39	22	17	CI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S2-83-A	argilla cenere debolmente limosa con fiamme nocciola		29,2									1,35	0,675			0,65
2	S2-83-B	argilla cenere debolmente limosa con fiamme nocciola		30,3									1,25	0,625			0,50
3	S2-83-1	argilla limosa grigia chiara	30,5-31,1	30,8		197,31				3,86	16,699	0	1,00	0,500	0,82	0,41	0,50

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S3

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S3-83-A	argilla limosa grigio verdastra ricca di tritume conghigliare e veli sabbiosi		18,55				51	49	1,71	66,00	2,68	74,00	27,00	47,00		CH
2	S3-83-B	sabbia fine grigia limosa con rari interstrati di argilla limosa grigia		29,80													
3	S3-83-C	torba marrone granulare a matrice limo-argillosa con lenti di argilla limosa		30,40													
4	S3-83-1	argilla cenere azzurra con elementi lapidei di arenaria grigia-azzurra	32,0-33,0	32,50						1,91	29,00	2,69	39,00	26,00	13,00		MI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S3-83-A	argilla limosa grigio verdastra ricca di tritume conghigliare e veli sabbiosi		18,55									0,20	0,10			0,15
2	S3-83-B	sabbia fine grigia limosa con rari interstrati di argilla limosa grigia		29,80													
3	S3-83-C	torba marrone granulare a matrice limo-argillosa con lenti di argilla limosa		30,40									1,50	0,75			0,60
4	S3-83-1	argilla cenere azzurra con elementi lapidei di arenaria grigia-azzurra	32,0-33,0	32,50									1,10	0,55	1,12	0,56	0,50

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S4

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S4-83-A	argilla debolmente limosa grigia verdastra ricca di tritume conchigliare e veli sabbiosi		19,0												
2	S4-83-B	argilla debolmente limosa cenere scura ricca di tritume conchigliare		28,0						1,76	34,00	2,68	38,00	25,00	12,00	MI
3	S4-83-C	argilla debolmente limosa grigia con punti torbosi e tritume conchigliare		28,5			6	47	47	1,77	34,00	2,68	46,00	28,00	18,00	MI
4	S4-83-D	argilla limosa grigia con punteggiature torbose		28,9				66	44	1,79	32,00	2,70	48,00	28,00	20,00	MI
5	S4-83-1	PA limoargilloso cenere con punti torbosi PB torba marrone granulare ricca di materiale organico	30,5-31,1	30,8						1,06	205,00	1,90	330,00	198,00	132,00	MH
6	S4-83-D	sabbia fine grigio deb limosa		31,4												
7	S4-83-2	argilla limosa cenere con rari punti torbosi	33,3-33,9	33,6						1,84	34,00	2,66	39,00	26,00	13,00	MI
8	S4-83-3	limo argilloso grigio deb. Sabbioso con tritume conchigliare	39,0-39,6	39,3						2,11	33,00	2,70	24,00	10,00	4,00	CL

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S4-83-A	argilla debolmente limosa grigia verdastra ricca di tritume conchigliare e veli sabbiosi		19,0									0,20	0,10			0,15
2	S4-83-B	argilla debolmente limosa cenere scura ricca di tritume conchigliare		28,0									0,25	0,13			0,15
3	S4-83-C	argilla debolmente limosa grigia con punti torbosi e tritume conchigliare		28,5									0,25	0,13			0,15
4	S4-83-D	argilla limosa grigia con punteggiature torbose		28,9									0,25	0,13			0,20
5	S4-83-1	PA limoargilloso cenere con punti torbosi PB torba marrone granulare ricca di materiale organico	30,5-31,1	30,8									0,8-0,9 1,7-3,0	0,43	2,68	1,34	0,45
6	S4-83-D	sabbia fine grigio deb limosa		31,4													
7	S4-83-2	argilla limosa cenere con rari punti torbosi	33,3-33,9	33,6		26,61							0,80	0,40	0,78	0,39	0,30
8	S4-83-3	limo argilloso grigio deb. Sabbioso con tritume conchigliare	39,0-39,6	39,3		93,09							1,45	0,73			0,60

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S5

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S5-83-1	argilla limosa grigia ricca di torba parzialmente decomposta	30,7-31,3	31,00			2	54	44	1,67	58,00	2,70	75,00	32,00	43,00		CH
2	S5-83-2	PA argilla limosa grigia ricca di torba parzialmente decomposta - PB torba marrone granulare	31,7-32,2	31,95						1,66	57,00	2,63	63,00	32,00	32,00		CH

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S5-83-1	argilla limosa grigia ricca di torba parzialmente decomposta	30,7-31,3	31,00									0,30	0,15			0,2
2	S5-83-2	PA argilla limosa grigia ricca di torba parzialmente decomposta - PB torba marrone granulare	31,7-32,2	31,95													0,3

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S6

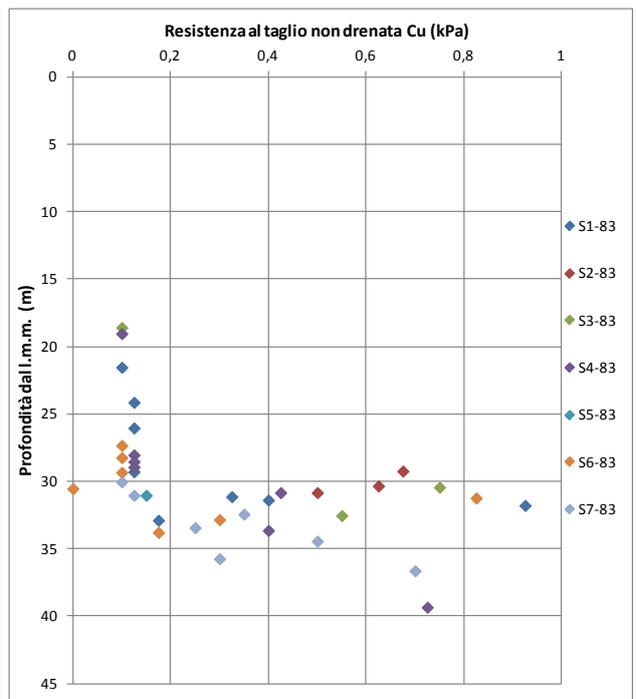
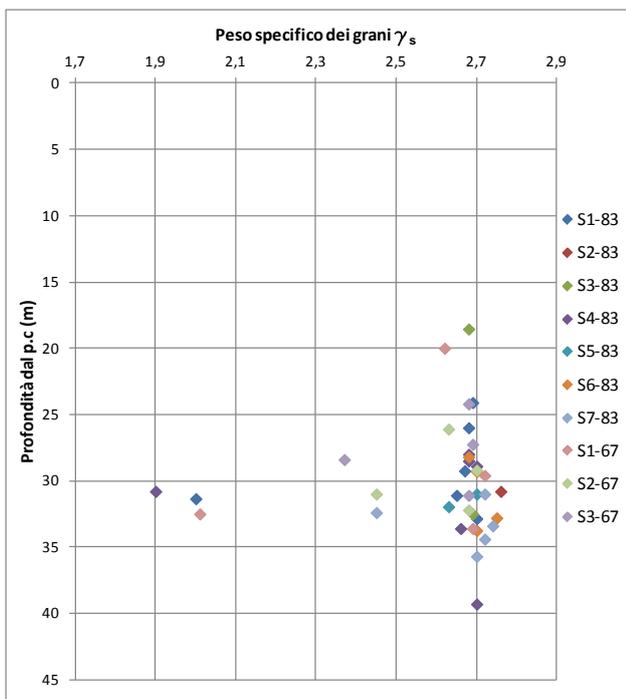
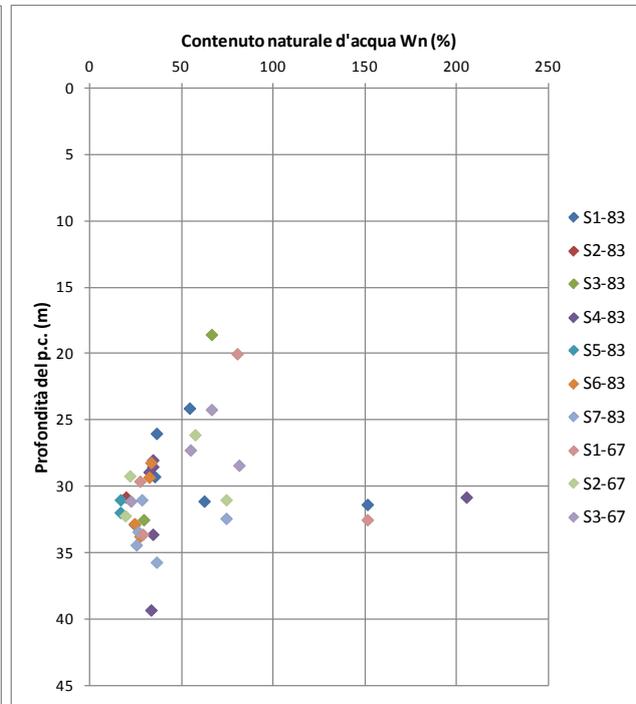
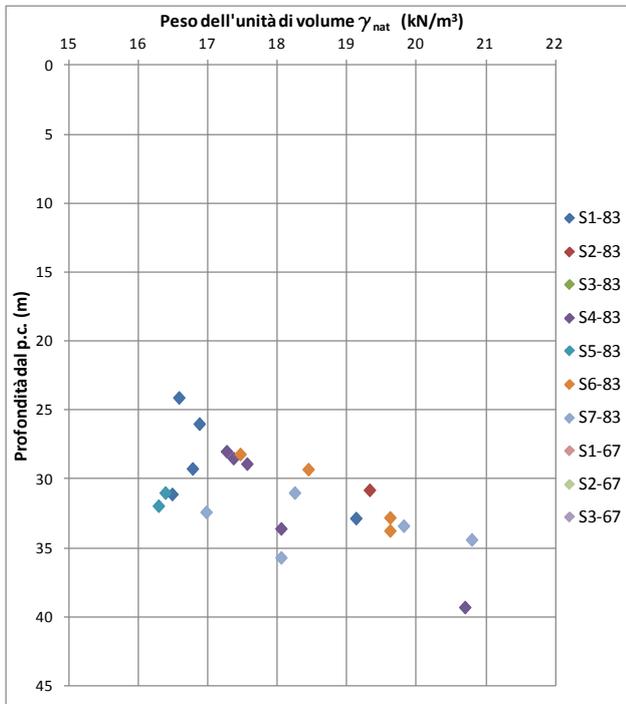
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande	
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S6-83-A	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare		27,30													
2	S6-83-B	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare e punti sabbiosi		28,20			3	53	44	1,78	33	2,68	37	25	12		MI
3	S6-83-C	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare e punti sabbiosi		29,30			4	49	47	1,88	32	2,7	36	24	12		MI
4	S6-83-D	sabbia fine grigia deb limosa		30,50													
5	S6-83-E	torba marrone granulare		31,20													
6	S6-83-1	limo argillosa grigio con rari punti torbosi e grumi calcarei	32,5-33,1	32,80						2	24	2,75	30	18	12		CI
7	S6-83-2	PA argilla limosa grigia con punti torbosi- PB limo argilloso grigio	33,5-34,00	33,75						2	27	2,7	32	20	12		CI

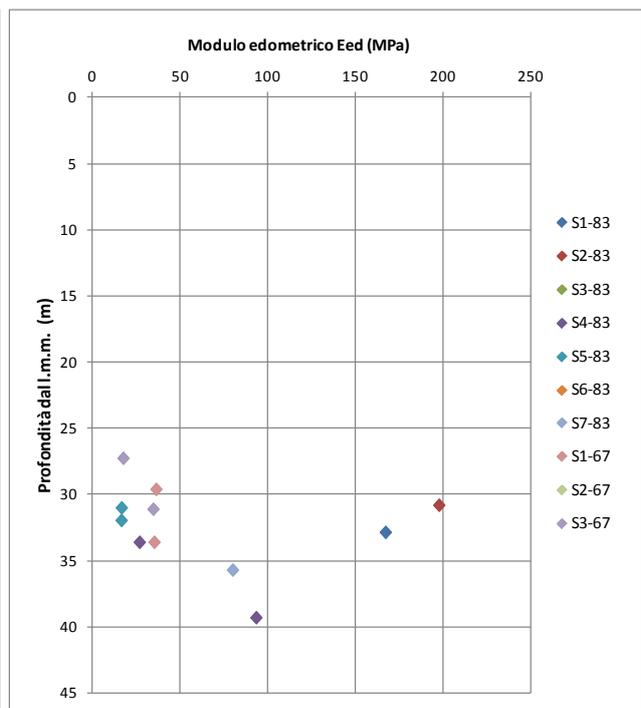
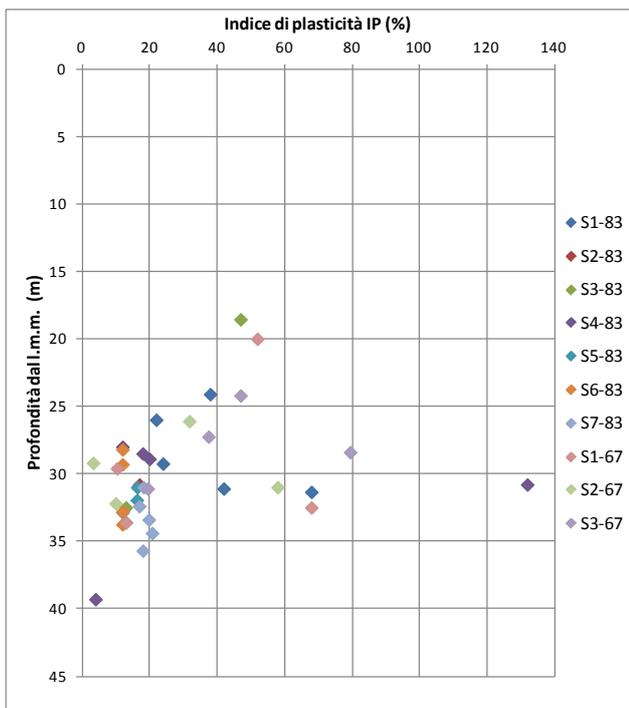
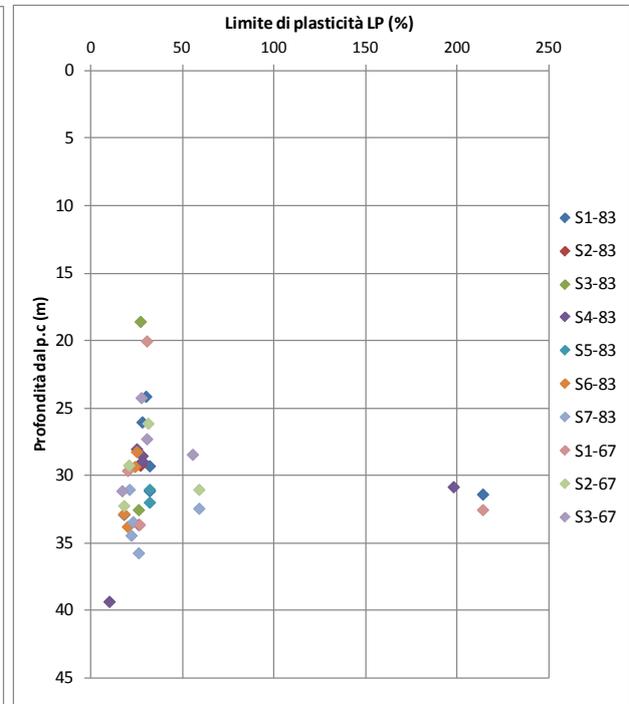
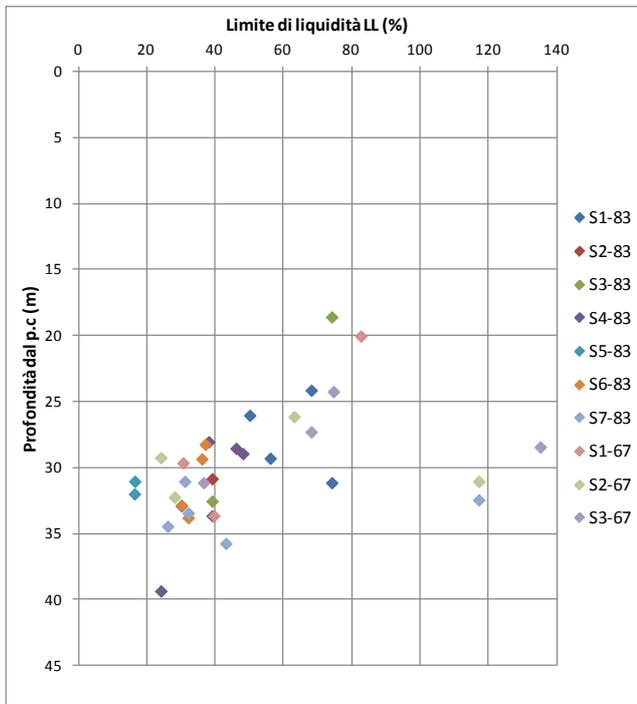
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S6-83-A	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare		27,30									0,20	0,10			0,15
2	S6-83-B	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare e punti sabbiosi		28,20									0,20	0,10			0,15
3	S6-83-C	argilla deb. Limosa grigia ricca di tritume conchigliare e punti sabbiosi		29,30									0,20	0,10			0,15
4	S6-83-D	sabbia fine grigia deb limosa		30,50													
5	S6-83-E	torba marrone granulare		31,20									1,65	0,83			0,80
6	S6-83-1	limo argilloso grigio con rari punti torbosi e grumi calcarei	32,5-33,1	32,80						4,12	32,47	0,00	0,60	0,30	0,48	0,24	0,35
7	S6-83-2	PA argilla limosa grigia con punti torbosi- PB limo argilloso grigio	33,5-34,00	33,75									0,35	0,18	0,20	0,10	0,25

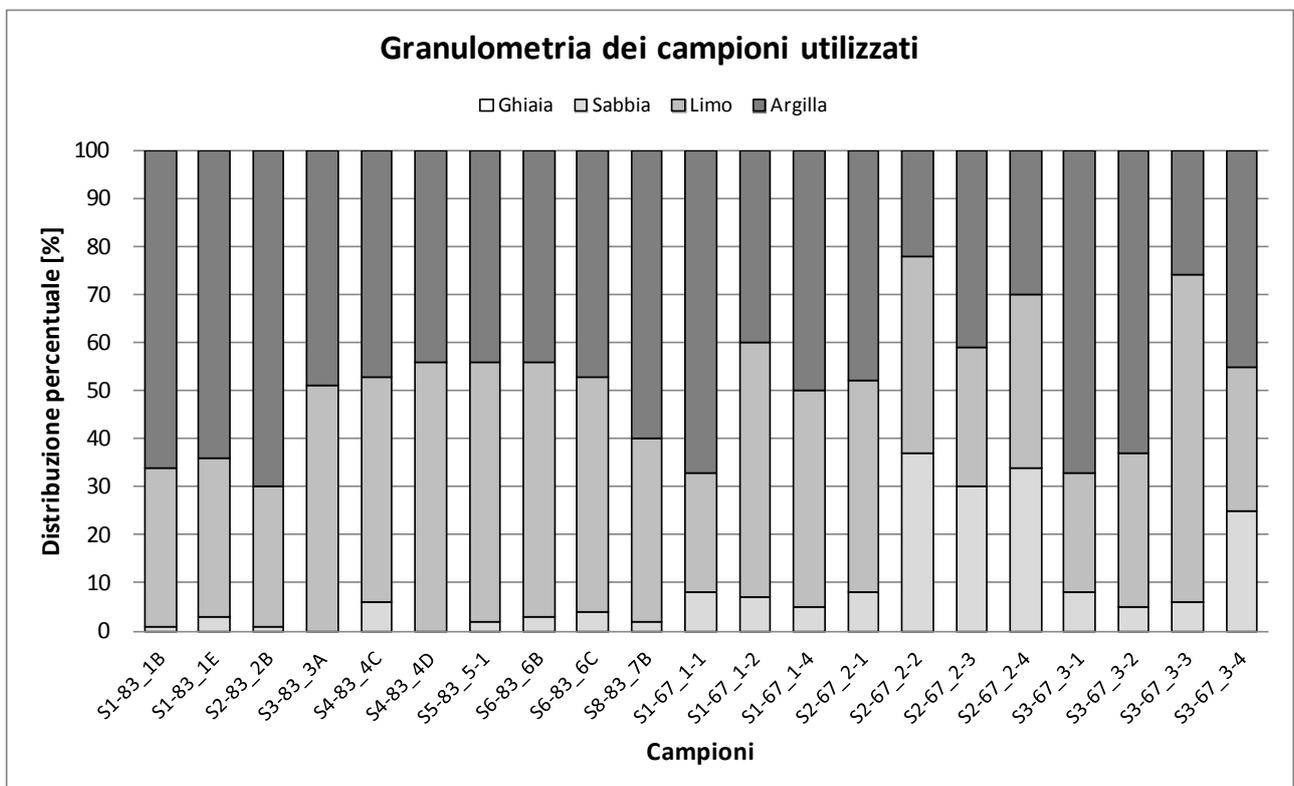
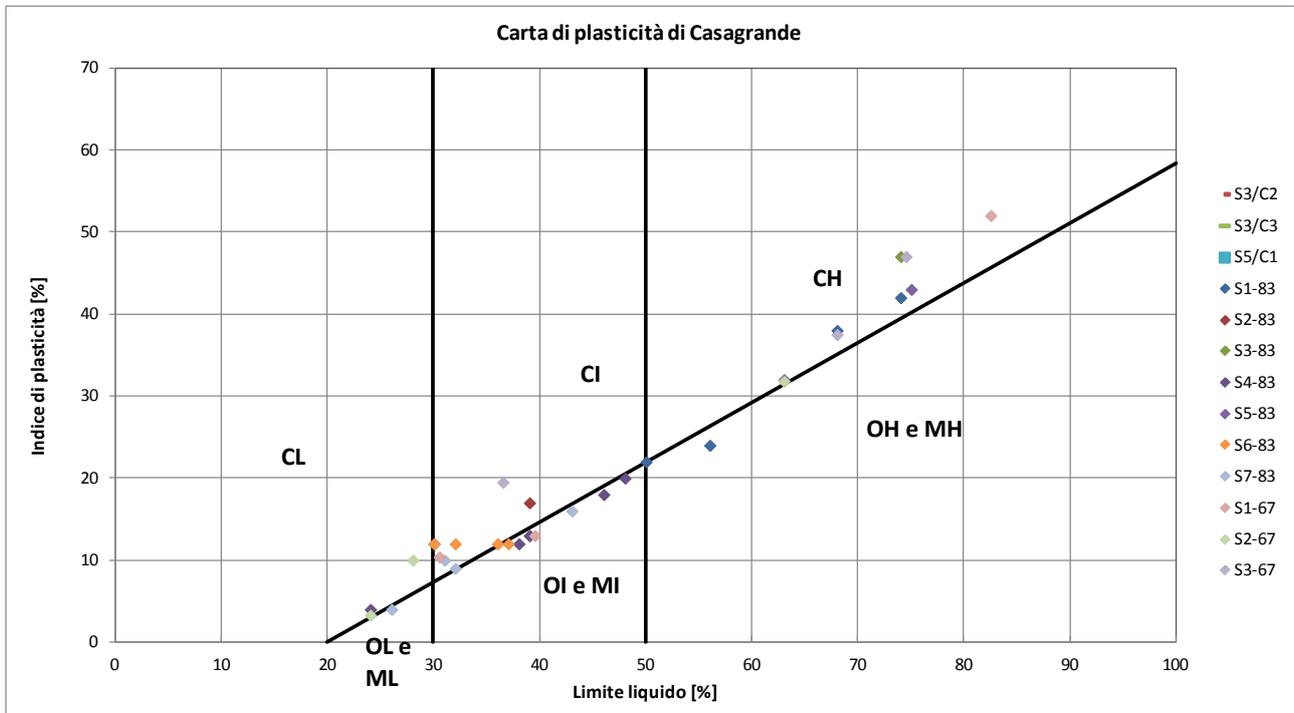
QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S7

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg						Classifica Casagrande
						G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (g/cm ³)	W_n (%)	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		IC (-)
1	S7-83-A	argilla debolmente limosa grigia con tritume conchigliare e veli sabbiosi		30,0												
2	S7-83-B	argilla debolmente limosa grigia con tritume conchigliare e veli sabbiosi		31,0			2	38	60	1,86	28	2,72	31	21	10	CI
3	S7-83-C	argilla liomsa cenere con lenti di limo argilloso e lenti torbose		32,4						1,73	74	2,45	117	59	58	MH
4	S7-83-1	limo argilloso cenere deb sabbioso con interstrati di sabbia fine limosa	33,1-33,7	33,4						2,02	26	2,74	32	23	9	CI
5	S7-83-2	limo argillosoa deb sabbioso cenere con grumi calcarei e punti sabbiosi	34,1 - 34,7	34,4						2,12	25	2,72	26	22	4	ML
6	S7-83-3	argilla limosa cenere con rari punti torbosi	35,4-36,00	35,7						1,84	36	2,7	43	26	16	MI
7	S7-83-D	argilla limosa grigia azzurra con elementi lapidei di arenaria grigia		36,6												
8	S7-83-E	argilla liumosa nocciola con elementi lapidei di arenaria grigia nocciola		38,5												

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da p.c. (m)	Profondità media da p.c. (m)	Note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
						E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	c' (Kg/cm ²)	R_p (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	σ (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)
1	S7-83-A	argilla debolmente limosa grigia con tritume conchigliare e veli sabbiosi		30,0									0,20	0,10			0,15
2	S7-83-B	argilla debolmente limosa grigia con tritume conchigliare e veli sabbiosi		31,0									0,25	0,13			0,15
3	S7-83-C	argilla liomsa cenere con lenti di limo argilloso e lenti torbose		32,4									0,70	0,35			0,30
4	S7-83-1	limo argilloso cenere deb sabbioso con interstrati di sabbia fine limosa	33,1-33,7	33,4									0,50	0,25			0,28
5	S7-83-2	limo argillosoa deb sabbioso cenere con grumi calcarei e punti sabbiosi	34,1 - 34,7	34,4									1,00	0,50			0,34
6	S7-83-3	argilla limosa cenere con rari punti torbosi	35,4-36,00	35,7		79,75							0,60	0,30	0,63	0,31	0,33
7	S7-83-D	argilla limosa grigia azzurra con elementi lapidei di arenaria grigia		36,6									1,40	0,70	0,51	0,26	0,60
8	S7-83-E	argilla liumosa nocciola con elementi lapidei di arenaria grigia nocciola		38,5									1,35	0,68			0,60







	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

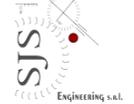
**ALLEGATO 2 - REPORT DI SINTESI DELLE ELABORAZIONI DEGLI ESITI DELLE
PROVE (IN SITU E DI LABORATORIO) RELATIVI AI SONDAGGI
DELLA CAMPAGNA DEL 2014**

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

**ALLEGATO 2a - Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove SPT
di interesse relative ai sondaggi della campagna del 2014
(materiali incoerenti)**

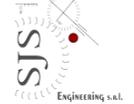
	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 1 - RISULTATI PROVE SPT ED EVENTUALE CORREZIONE PER CORRELAZIONE SPT E/O RISULTATI SPT								
ID Prova	Tipo di prova SCPT / SPT	Descrizione sintetica del terreno	SCPT (punta chiusa) o SPT (campionatore Raymond)				Coefficiente correttivo	Correzione
			N _{1_campo}	N _{2_campo}	N _{3_campo}	N _{campo}		N _{SPT}
			(colpi)	(colpi)	(colpi)	(colpi/30 cm)	C _f (adim)	(colpi/30 cm)
S2 SPT2	SPT	sabbia media e fine	2	4	4	8	1,00	8
S3 SPT1	SPT	sabbia fine e media	4	6	8	14	1,00	14
S3 SPT2	SPT	sabbia limosa	4	R	R	-	1,00	-
S5 SPT1	SPT	sabbia	2	1	0	1	1,00	1
S5 SPT2	SPT	sabbia	10	14	18	32	1,00	32
S10 SPT2	SPT	sabbia fine - media	7	10	16	26	1,00	26
S11 SPT3	SPT	sabbia fine - media	15	37	R	-	1,00	-

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE SPT – campagna di indagine 2014 TABELLA 2 RISULTATI PROVE SPT E CORREZIONE CON LA PROFONDITÀ											
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	Peso unità di volume del terreno	Peso unità di volume saturo del terreno	Profondità prova dal p.c.	Profondità falda dal p.c.	Peso unità di volume dell'acqua	Pressione litostatica totale	Pressione neutra	Pressione litostatica efficace	N _{SPT}	N _{SPTcorretto}
		γ (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)	z (m)	z _w (m)	γ _w (kN/m ³)	σ _v (kPa)	u (kPa)	σ' _v (kPa)	(colpi/30 cm)	(colpi/30 cm)
S2 SPT2	sabbia media e fine	18,3	18,3	33,00	0,00	10,0	600,9	330,0	134,9	8	6
S3 SPT1	sabbia fine e media	18,3	18,3	29,72	0,00	10,0	541,2	297,2	98,4	14	14
S3 SPT2	sabbia limosa	18,3	18,3	35,72	0,00	10,0	650,5	357,2	147,6	-	-
S5 SPT1	sabbia	18,3	18,3	27,10	0,00	10,0	493,5	271,0	77,5	1	1
S5 SPT2	sabbia	18,3	18,3	31,60	0,00	10,0	575,4	316,0	114,4	32	29
S10 SPT2	sabbia fine - media	18,3	18,3	30,43	0,00	10,0	554,1	304,3	98,0	26	26
S11 SPT3	sabbia fine - media	18,3	18,3	38,68	0,00	10,0	704,4	386,8	165,6	-	-

Prove SPT corrette secondo :	Liao e Whitman (1985): $N_{SPTcorretto} = 10 \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v} \right)^{0,5} \cdot N_{SPT}$
------------------------------	--

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 3 - CORRELAZIONE DIRETTA PER LA DETERMINAZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO ϕ' (TERRENI INCOERENTI)									
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	Pressione litostatica efficace σ'_v (kPa)	N_{SPT} corretto (colpi/30 cm)	Angolo di resistenza al taglio					Angolo resistenza al taglio
				ϕ'_{RBS} [°]	ϕ'_{JNR} [°]	$\phi'_{DE\ MELLO}$ [°]	ϕ'_{MALCEV} [°]	ϕ'_{O-I} [°]	ϕ'_{medio} [°]
S2 SPT2	sabbia media e fine	134,89	6	24,0	29,0	25,0	22,0	24,0	25,0
S3 SPT1	sabbia fine e media	98,40	14	29,0	31,0	29,0	24,0	29,0	28,0
S3 SPT2	sabbia limosa	147,60	-	-	-	-	-	-	-
S5 SPT1	sabbia	77,49	1	19,0	27,0	19,0	21,0	19,0	20,0
S5 SPT2	sabbia	114,39	29	36,0	36,0	31,0	25,0	36,0	35,0
S10 SPT2	sabbia fine - media	97,99	26	35,0	35,0	31,0	25,0	35,0	34,0
S11 SPT3	sabbia fine - media	165,64	-	-	-	-	-	-	-

Prove SPT interpretate secondo :	Road Bridge Specification (RBS): $\phi'_{RBS} = 15 + \sqrt{15 \cdot N_{SPT\ corretto}}$
	Japanese National Railway (JNR): $\phi'_{JNR} = 27 + (0,3 \cdot N_{SPT\ corretto})$
	De Mello: $\phi'_{DE\ MELLO} = 19 - 0,38 \cdot \sigma'_v + 8,73 \cdot \text{Log}(N_{SPT\ corretto})$
	Malcev: $\phi'_{MALCEV} = 20 - 5 \cdot \text{Log}(\sigma'_v) + 3,73 \cdot \text{Log}(N_{SPT\ corretto})$
	Owasaki & Iwasaki: $\phi'_{O-I} = 15 + \sqrt{20 \cdot N_{SPT\ corretto}}$

Valori utilizzati nella determinazione del valore medio

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 5 - CORRELAZIONE DIRETTA PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO DI YOUNG (TERRENI INCOERENTI)										
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	Pressione litostatica efficace σ'_v (kPa)	$N_{SPTcorretto}$ (colpi/30 cm)	Modulo di deformazione di Young						Modulo di deformazione E'_{media} (MPa)
				E'_{DENV} (MPa)	Terreno x parametro B	Parametro B	E'_{SCHM} (MPa)	$E'_{D'APP}$ (MPa)	E'_{S-M} (MPa)	
S2 SPT2	sabbia media e fine	134,89	6	17,1	sabbie fini	2	2,4	23,7	10,8	6,6
S3 SPT1	sabbia fine e media	98,40	14	26,2	sabbie fini	2	5,6	29,9	15,0	10,3
S3 SPT2	sabbia limosa	147,60	-	-	sabbie fini	2	-	-	-	-
S5 SPT1	sabbia	77,49	1	7,0	sabbie fini	2	0,4	19,9	8,1	9,1
S5 SPT2	sabbia	114,39	29	37,7	sabbie fini	2	11,6	41,5	22,9	17,2
S10 SPT2	sabbia fine - media	97,99	26	35,7	sabbie fini	2	10,4	39,1	21,3	15,9
S11 SPT3	sabbia fine - media	165,64	-	-	sabbie fini	2	-	-	-	-

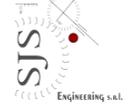
Prove SPT interpretate secondo :	Denver (1982) ed anche Terzaghi:	$E'_{DENV} = 7 \cdot (N_{SPTcorretto})^{0.5}$	espresso in [MPa]
	Schmertmann:	$E'_{SCHM} = 2 \cdot B \cdot N_{SPTcorretto}$	espresso in [kg/cm ²]
	D'Appolonia et Alii:	$E'_{D'APP} = 7,71 \cdot N_{SPTcorretto} + 191$	espresso in [kg/cm ²]
	Schultze & Mezembach:	$E'_{S-M} = 5,27 \cdot N_{SPTcorretto} + 76$	espresso in [kg/cm ²]

Valori utilizzati nella determinazione del valore medio

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 6 - CORRELAZIONE DIRETTA PER LA DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO (TERRENI INCOERENTI)										
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	Pressione litostatica efficace	Profondità prova dal p.c.	$N_{SPTcorretto}$	Classe x parametro F	Velocità onde di taglio	Parametro	Parametro	Velocità onde di taglio	Velocità onde di taglio
		σ'_v (kPa)	z (m)	(colpi/30 cm)		V_{S_YOSH} (m/s)	α	β	V_{S_O-G} (m/s)	V_{S_media} (m/s)
S2 SPT2	sabbia media e fine	134,89	33,00	6	1	152	1,0	1,09	200	176
S3 SPT1	sabbia fine e media	98,40	29,72	14	1	180	1,0	1,09	227	204
S3 SPT2	sabbia limosa	147,60	35,72	-	1	-	1,0	1,09	-	-
S5 SPT1	sabbia	77,49	27,10	1	1	90	1,3	1,19	200	145
S5 SPT2	sabbia	114,39	31,60	29	1	221	1,0	1,09	260	241
S10 SPT2	sabbia fine - media	97,99	30,43	26	1	210	1,0	1,09	253	232
S11 SPT3	sabbia fine - media	165,64	38,68	-	1	-	1,0	1,09	-	-

Prove SPT interpretate secondo :	Yoshida e al. (1988): con F = 49 per sabbia fine (classe 1) con F = 56 con ghiaia al 25% (classe 2) con F = 60 con ghiaia al 50% (classe 3) con F = 55 qualsiasi terreno (classe 4)
	Ohta e Goto (1978): $\alpha = 1.0$ per depositi recenti (Olocene) $\alpha = 1.3$ per depositi del Pleistocene e Terziario $\beta = 1.0$ per limi ed argille $\beta = 1.09$ per sabbie $\beta = 1.19$ per sabbie e ghiaie

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 8 - RIASSUNTO CORRELAZIONE DIRETTA PER LA DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO (TERRENI INCOERENTI)				
Descrizione sintetica del terreno	Velocità onde di taglio			Categoria di suolo
	V_{S_media} (m/s)	V_{S_min} (m/s)	V_{S_max} (m/s)	
sabbia fine	199	145	241	C

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 TABELLA 9 - RIASSUNTO ELABORAZIONI PROVE SPT - TERRENI INCOERENTI									
Descrizione sintetica del terreno	$N_{SPTcorretto_medio}$	$N_{SPTcorretto_max}$	φ'_{medio} [°]	φ'_{max} [°]	E'_{medio} (MPa)	E'_{max} (MPa)	V_{S_media} (m/s)	V_{S_max} (m/s)	Categoria di suolo
sabbia fine	15	29	28,0	35,0	12,0	17,0	199	241	C

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

**ALLEGATO 2b - Report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove SPT
di interesse relative ai sondaggi della campagna del 2014
(materiali coesivi)**

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT								
PROVE STP – campagna di indagine 2014								
TABELLA 1 - RISULTATI PROVE SPT ED EVENTUALE CORREZIONE PER CORRELAZIONE SPT E/O RISULTATI SPT								
ID Prova	Tipo di prova SCPT / SPT	Descrizione sintetica del terreno	SCPT (punta chiusa) o SPT (campionatore Raymond)				Coefficiente correttivo SCPT-SPT C _f (adim)	Correzione N _{SPT} (colpi/30 cm)
			N _{1_campo}	N _{2_campo}	N _{3_campo}	N _{campo}		
			(colpi)	(colpi)	(colpi)	(colpi/30 cm)		
S2 SPT1	SPT	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro (da molle a poco consistente saturo)	1	2	1	3	1,00	3
S2 SPT3	SPT	sabbia media e fine deb limosa grigia e saturo e flysch alterato	2	6	7	13	1,00	13
S4 SPT1	SPT	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente presenza di resti conchigliari	4	6	8	14	1,00	14
S6 SPT1	SPT	limo argilloso-sabbioso grigio, poco consistente con rari livelli centimetrici con sabbia fine e sostanza organica e frammenti conchigliari	1	2	2	4	1,00	4
S6 SPT2	SPT	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente	1	1	2	3	1,00	3
S7 SPT1	SPT	limo grigio saturo	7	10	19	29	1,00	29
S7 SPT2	SPT	limo grigio saturo	7	11	13	24	1,00	24
S8 SPT1	SPT	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro saturo poco consistente , presenza di sottili strati di materiale organico	2	2	1	3	1,00	3
S8 SPT2	SPT	limo argilloso deb sabbioso con sabbia da media a fine grigio verdastro. Materiale organico e resti conchigliari	1	3	2	5	1,00	5
S8 SPT3	SPT	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro, poco consistente resti conchigliari	2	2	6	8	1,00	8
S10 SPT1	SPT	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro con screziature nerastre e resti conchigliari	2	3	3	6	1,00	6
S11 SPT1	SPT	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	1	2	2	4	1,00	4
S11 SPT2	SPT	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	1	1	1	2	1,00	2

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE SPT – campagna di indagine 2014											
TABELLA 2 RISULTATI PROVE SPT E CORREZIONE CON LA PROFONDITÀ											
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	Peso unità di volume del terreno	Peso unità di volume saturo del	Profondità prova dal p.c.	Profondità falda dal p.c.	Peso unità di volume dell'acqua	Pressione litostatica totale	Pressione neutra	Pressione litostatica efficace	N _{SPT}	N _{SPTcorretto}
		γ (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)	z (m)	z _w (m)	γ _w (kN/m ³)	σ _v (kPa)	u (kPa)	σ' _v (kPa)	(colpi/30 cm)	(colpi/30 cm)
S2 SPT1	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro (da molle a poco consistente saturo)	18,2	18,2	33,00	0,00	10,0	444,4	330,0	114,4	3	2
S2 SPT3	sabbia media e fine deb limosa grigia e satura e flysch alterato	18,2	18,2	37,50	0,00	10,0	526,3	375,0	151,3	13	10
S4 SPT1	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente presenza di resti conchigliari	18,2	18,2	37,50	0,00	10,0	526,3	375,0	151,3	14	11
S6 SPT1	limo argilloso-sabbioso grigio, poco consistente con rari livelli centimetrici con sabbia fine e sostanza organica e frammenti conchigliari	18,2	18,2	33,93	0,00	10,0	462,7	339,3	123,4	4	3
S6 SPT2	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente	18,2	18,2	38,88	0,00	10,0	552,8	388,8	164,0	3	2
S7 SPT1	limo grigio saturo	18,2	18,2	32,17	0,00	10,0	643,4	321,7	321,7	29	16
S7 SPT2	limo grigio saturo	18,2	18,2	34,57	0,00	10,0	691,4	345,7	345,7	24	12
S8 SPT1	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro saturo poco consistente, presenza di sottili strati di materiale organico	18,2	18,2	31,37	0,00	10,0	415,8	313,7	102,1	3	2
S8 SPT2	limo argilloso deb sabbioso con sabbia da media a fine grigio verdastro. Materiale organico e resti conchigliari	18,2	18,2	34,37	0,00	10,0	470,4	343,7	126,7	5	4
S8 SPT3	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro, poco consistente resti conchigliari	18,2	18,2	38,37	0,00	10,0	543,2	383,7	159,5	8	6
S10 SPT1	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro con screziature nerastre e resti conchigliari	18,2	18,2	28,43	0,00	10,0	365,9	284,3	81,6	6	6
S11 SPT1	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	18,2	18,2	31,93	0,00	10,0	429,6	319,3	110,3	4	3
S11 SPT2	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	18,2	18,2	34,93	0,00	10,0	484,2	349,3	134,9	2	1
Prove SPT corrette secondo :		Liao e Whitman (1985):									
		$N_{SPTcorrett} = 10 \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v} \right)^{0,5} \cdot N_{SPT}$									
		se σ' _v > 100 kPa									

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014												
TABELLA 3 - CORRELAZIONE DIRETTA PER LA DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA (TERRENI COESIVI)												
ID Prova	Descrizione sintetica del terreno	N _{SPTcorretto} (colpi/30 cm)	Indice di plasticità X formule Navfac, Terzaghi e Peck e DM7	Terreno x formula Sanglerat	Terreno x formula Shioi-Fukui e Stroud- Butler	Resistenza al taglio non drenata					Resistenza al taglio non drenata C _{u,media} (kPa)	Modulo edometrico E _{d,S-B} (MPa)
						C _{u,N} (kPa)	C _{u,T-P} (kPa)	C _{u,DM-7} (kPa)	C _{u,S} (kPa)	C _{u,S-F} (kPa)		
S2 SPT1	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro (da molle a poco consistente saturo)	2	48	ALS	AAP			25,0	13,4	10,0	15,0	1,0
S2 SPT3	sabbia media e fine deb limosa grigia e saturo e flysch alterato	10	8	ALS	ABP	76,0	67,0	38,0	67,0	25,0	50,0	6,0
S4 SPT1	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente presenza di resti conchigliari	11	25	ALS	AMP			137,5	73,7	27,5	75,0	5,5
S6 SPT1	limo argilloso-sabbioso grigio, poco consistente con rari livelli centimetrici con sabbia fine e sostanza organica e frammenti conchigliari	3	13	ALS	AMP	22,8	20,1	22,2	20,1	7,5	15,0	1,5
S6 SPT2	limo argilloso sabbioso grigio verdastro poco consistente	2	26	ALS	AAP			25,0	13,4	10,0	15,0	1,0
S7 SPT1	limo grigio saturo	16	8	ALS	ABP	121,6	107,2	60,8	107,2	40,0	85,0	9,6
S7 SPT2	limo grigio saturo	12	13	ALS	AMP	91,2	80,4	88,8	80,4	30,0	70,0	6,0
S8 SPT1	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro saturo poco consistente, presenza di sottili strati di materiale organico	2	41	ALS	AAP			25,0	13,4	10,0	15,0	1,0
S8 SPT2	limo argilloso deb sabbioso con sabbia da media a fine grigio verdastro. Materiale organico e resti conchigliari	4	14	ALS	AMP	30,4	26,8	29,6	26,8	10,0	20,0	2,0
S8 SPT3	limo argilloso deb sabbioso grigio verdastro, poco consistente resti conchigliari	6	-	ALS	AMP			75,0	40,2	15,0	40,0	3,0
S10 SPT1	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro con screziature nerastre e resti conchigliari	6	25	ALS	AAP			75,0	40,2	30,0	45,0	3,0
S11 SPT1	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	3	-	ALS	AMP			37,5	20,1	7,5	20,0	1,5
S11 SPT2	limo argilloso deb sabbioso di colore grigio verdastro saturo e poco consistente	1	-	ALS	AMP			12,5	6,7	2,5	5,0	0,5

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

Prove SPT interpretate secondo:	Navfac (1982):	$C_{u_N} = 7,6 \cdot N_{SPTcorrett}$	per $l_p < 20$ espresso in kPa
	Terzaghi e Peck:	$C_{u_T-P} = 0,067 \cdot N_{SPTcorrett}$	per $l_p < 20$ espresso in kg/cm^2
	DM-7 (Design Manual for Soil Mechanics):	$C_{u_DM-7} = 0,038 \cdot N_{SPTcorrett}$ $C_{u_DM-7} = 0,074 \cdot N_{SPTcorrett}$ $C_{u_DM-7} = 0,125 \cdot N_{SPTcorrett}$	per $l_p < 10$ (BASSA) per $l_p < 20$ (MEDIA) per $l_p > 20$ (ALTA) espresso in kg/cm^2
	Sanglerat:	$C_{u_S} = 0,125 \cdot N_{SPTcorrett}$ $C_{u_S} = 0,100 \cdot N_{SPTcorrett}$ $C_{u_S} = 0,067 \cdot N_{SPTcorrett}$	per argille a media plasticità per argille limose per argille limo-sabbiose espresso in kg/cm^2
	Shioi-Fukui:	$C_{u_S-F} = 0,025 \cdot N_{SPTcorrett}$ $C_{u_S-F} = 0,05 \cdot N_{SPTcorrett}$	per argille a media plasticità per argille ad alta plasticità espresso in kg/cm^2
	Stroud e Butler (1975):	$E_{d_S-B} = 5 \cdot N_{SPTcorrett}$ $E_{d_S-B} = 6 \cdot N_{SPTcorrett}$	per argille a media plasticità per argille a bassa plasticità espresso in kg/cm^2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT PROVE STP – campagna di indagine 2014 RIASSUNTO ELABORAZIONI PROVE SPT - TERRENI COESIVI									
Descrizione sintetica del terreno	$N_{SPTcorretto_medio}$	$N_{SPTcorretto_max}$	C_{u_media} (kPa)	C_{u_max} (kPa)	E_{d_media} (MPa)	E_{d_max} (MPa)	V_{S_media} (m/s)	V_{S_max} (m/s)	Categoria di suolo
limo argilloso	6	16	35,0	85,0	3,0	9,5	170	232	D

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

ALLEGATO 2c - report di sintesi delle elaborazioni degli esiti delle prove di laboratorio di interesse, relative ai sondaggi della campagna del 2014 (materiale sciolto-sedimenti)

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		ALLEGATO 2

LEGENDA ESPLICATIVA TABELLE E GRAFICI

Analisi granulometrica

G % = frazione ghiaiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

S % = frazione sabbiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

L % = frazione limosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%];

A % = frazione ghiaiosa (secondo classificazione ASTM), espressa in [%].

Parametri fisici e limiti di Atterberg

γ_{nat} = peso dell'unità di volume allo stato naturale, espresso in [kN/m³];

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale, espresso in [%];

G_s = peso specifico dei granuli, espresso in [g/cm³];

LL = limite di liquidità, espresso in [%];

LP = limite di plasticità, espresso in [%];

IP = indice di plasticità, espresso in [%];

IC = indice di consistenza, [adim].

Classifica Casagrande

C = Argille inorganiche;

L = Bassa compressibilità;

M = Limi inorganici;

I = Media compressibilità;

O = Argille e limi organici;

H = Alta compressibilità.

Prova edometrica

E_{ed} = modulo edometrico, espresso in [MPa];

$\sigma_{preconsolidaz}$ = pressione di consolidazione o di preconsolidazione, espressa in [kPa];

$\sigma'_{\nu\sigma}$ = pressione litostatica efficace in posto, espressa in [kPa];

O.C.R. = grado di sovraconsolidazione, [adim].

Prova TX – (U.U. o C.I.D.) (prove triassiali non consolidate -non drenate o consolidate-drenate)

C_u = coesione non drenata, espressa in [kPa];

φ = angolo di resistenza al taglio, espresso in [°];

c' = coesione efficace, espressa in [kPa].

Pocket penetrometer

R_p = resistenza alla punta, espressa in [kPa];

C_u = coesione non drenata, espressa in [kPa].

Prova ELL (prova di compressione ad espansione laterale libera)

σ = pressione di rottura del provino, espressa in [kPa];

C_u = coesione non drenata, espressa in [kPa].

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S6																							
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg										Classifica Casagrande		
							G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (kN/m ³)	Wn (%)	γ_s (-)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC (-)	IL (-)	e_0 (-)	n (%)		Sr (%)	γ_d (kN/m ³)
1	S6-14-1	limo con argilla debolmente sabbioso colore grigio oliva, presenza di abbondanti livelli torbosi e frustoli vegetali	14,00-14,60	14,30	33,18			7,6	65,4	27	15,74	24,6	2,65	35	22	13	0,8	0,2	1,053	51,3	61,7	12,63	CI
2	S6-14-2	limo argilloso grigio chiaro	19,00-19,50	19,25	38,13			18,4	55,3	26,3	18,4	36,9	2,74	47	21	26	0,4	0,6	1,014	50,3	99,5	13,33	CI
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane					
							E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	R_p (kPa)	C_u (kPa)	σ (kPa)	C_u (kPa)						
1	S6-14-1	limo con argilla debolmente sabbioso colore grigio oliva, presenza di abbondanti livelli torbosi e frustoli vegetali	14,00-14,60	14,30	33,18						15,95			55	27,5			24					
2	S6-14-2	limo argilloso grigio chiaro	19,00-19,50	19,25	38,13						15,65			40	20								
QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S7																							
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg										Classifica Casagrande		
							G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (kN/m ³)	Wn (%)	γ_s (-)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC (-)	IL (-)	e_0 (-)	n (%)		Sr (%)	γ_d (kN/m ³)
1	S7-14-1	limo argilloso di colore grigio oliva chiaro. Presenti lenti sabbiose millimetriche e punti torbosi. Poco consistente	13,00-13,50	13,25	31,47			4,6	77	18,4	19,56	31,5	2,71	27	20	8	-0,5	1,5	0,785	44	108,7	14,87	ML
2	S7-14-2	limo con argilla di colore grigio oliva chiaro. Presenza di frammenti conchigliari. Da privo di consistenza a moderatamente consistente	15,30-15,90	15,60	33,82			2,3	71,6	26,1	18,37	36,7	2,77	39	26	13	0,2	0,8	1,025	50,6	99,4	13,44	MI
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane					
							E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	R_p (kPa)	C_u (kPa)	σ (kPa)	C_u (kPa)						
1	S7-14-1	limo argilloso di colore grigio oliva chiaro. Presenti lenti sabbiose millimetriche e punti torbosi. Poco consistente	13,00-13,50	13,25	31,47						19,85			40	20			10					
2	S7-14-2	limo con argilla di colore grigio oliva chiaro. Presenza di frammenti conchigliari. Da privo di consistenza a moderatamente consistente	15,30-15,90	15,60	33,82						19,3			20	10								
QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S8																							
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg										Classifica Casagrande		
							G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (kN/m ³)	Wn (%)	γ_s (-)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC (-)	IL (-)	e_0 (-)	n (%)		Sr (%)	γ_d (kN/m ³)
1	S8-14-1	limo con argilla di colore da grigio oliva a grigio chiaro. Presenti abbondanti lenti torbose, lenti sabbiose, di gusci interi e frammenti	11.5-12	11,75	30,67			3,6	66,7	29,7	17,42	43,2	2,69	81	40	41	0,9	0,1	1,168	53,9	99,5	12,16	MH
2	S8-14-2	limo con argilla di colore grigio oliva chiaro. Presenti abbondanti lenti sabbiose. Moderatamente consistente	16.5-17	16,75	35,67			2,9	69,2	27,9	18,89	29,7	2,72	39	25	14	0,7	0,3	0,832	45,4	97	14,57	MI
ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane					
							E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	R_p (kPa)	C_u (kPa)	σ (kPa)	C_u (kPa)						
1	S8-14-1	limo con argilla di colore da grigio oliva a grigio chiaro. Presenti abbondanti lenti torbose, lenti sabbiose, di gusci interi e frammenti	11.5-12	11,75	30,67						28,95			60	30			28					
2	S8-14-2	limo con argilla di colore grigio oliva chiaro. Presenti abbondanti lenti sabbiose. Moderatamente consistente	16.5-17	16,75	35,67						35,1			80	40			30					



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

Documento

0129TST01003-00-R00

PROGETTO DEFINITIVO

Data **Novembre 2014**



ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

ALLEGATO 2

QUADRO RIASSUNTIVO ESITI PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI NEL SONDAGGIO S10

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Analisi granulometrica				Parametri fisici e limiti di Atterberg										Classifica Casagrande			
							G %	S %	L %	A %	γ_{nat} (kN/m ³)	Wn (%)	γ_s (-)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC (-)	IL (-)	e_0 (-)	n (%)		Sr (%)	yd (kN/m ³)	
1	S10-14-1	limo con argilla di colore da grigio oliva a marrone giallastro scuro, inodore e reagente all'acido cloridrico.	9-9.5	9,25	27,73			0,7	63,7	35,6	17,07	45	2,62	54	29	25	0,4	0,6	1,184	54,2	99,6	11,77	CH	
2	S10-14-2	1-limo con argilla di colore grigio oliva forte odore organico, da poco consistente a moderatamente consistente, deb reagente all'acido cloridrico; 2 livello torboso; 3 limo con argilla ; 4 livello torboso; 5 sabbia limosa/argillosa di colore grigio scuro, inodore forte reazione all'acido cloridrico	11-11.5	11,25	29,73	campione eterogeneo			4,3	68,4	27,3	16,61	50,4	2,63	73	28	45	0,5	0,5	1,334	57,2	99,3	11,05	CH
3	S10-14-3	limo con argilla deb sabbioso di colore grigio oliva, inodore da poco consistente a moderatamente consistente e reagente all'acido cloridrico. Presenza di lenti sabbiose millimetriche e frammenti conchigliari	16-16.5	16,25	34,73	triax sulla parte più consistente			10	56,9	33,1	18,45	31,8	2,67	33	25	8	0,1	0,9	0,875	46,7	97,4	13,99	MI

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media da fondale (m)	Profondità media da livello mare (m)	note	Prova edometrica				Prova TX - (C.I.U.D. o C.I.D)			Pocket penetrometer		Prova ELL		Torvane
							E_{ed} (Mpa)	$\sigma_{preconsolidaz}$ (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	O.C.R. (-)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	Rp (kPa)	C_u (kPa)	σ (kPa)	C_u (kPa)	(kPa)
1	S10-14-1	limo con argilla di colore da grigio oliva a marrone giallastro scuro, inodore e reagente all'acido cloridrico.	9-9.5	9,25	27,73						11,6			30	15			15
2	S10-14-2	1-limo con argilla di colore grigio oliva forte odore organico, da poco consistente a moderatamente consistente, deb reagente all'acido cloridrico; 2 livello torboso; 3 limo con argilla ; 4 livello torboso; 5 sabbia limosa/argillosa di colore grigio scuro, inodore forte reazione all'acido cloridrico	11-11.5	11,25	29,73	campione eterogeneo					11,1			30	15			
3	S10-14-3	limo con argilla deb sabbioso di colore grigio oliva, inodore da poco consistente a moderatamente consistente e reagente all'acido cloridrico. Presenza di lenti sabbiose millimetriche e frammenti conchigliari	16-16.5	16,25	34,73	triax sulla parte più consistente					20,2			30	15			15

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

**ALLEGATO 2D - REPORT DI SINTESI DELLE ELABORAZIONI DEGLI ESITI DELLE
PROVE DI LABORATORIO SU MATERIALE LAPIDEO E
VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
DELL'AMMASSO ROCCIOSO (CAMPAGNA DEL 2014)**

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT

RQD – campagna di indagine 2014

TABELLA 1 - Riassunto prove di laboratorio su arenaria da flysch integra

ID n.	ID campione	Descrizione terreno	Litotipo di riferimento	Profondità di prelievo da fondale (m)	Profondità media dal fondale (m)	Note	Parametri fisici						Prova ELL				Point load		Qualità roccia
							V_{nat} (Kg/m ³)	W_n (%)	G_s (-)	n (%)	V_d (Kg/m ³)	W_{abs} (%)	σ_f (MPa)	E_s 50% (ass) (GPa)	E_s 50% (circ) (GPa)	ν (-)	I_s (50) (MPa)	σ_f (MPa)	RQD (-)
1	S1-14-1	flysch integro	flysch integro	23,50-24,00	23,75		2597	1,6	2,67	4	2557	3,9	20,9	1,54	3,86	0,4	0,55	13,24	81
4	S2-14-4	flysch integro	flysch integro	20,60-21,00	20,8		2661	1,7	2,69		2617	2,6					0,35	8,45	100
1	S3-14-1	flysch alterato di colore grigio oliva	flysch alterato	18,30-18,65	18,475														
2	S3-14-2	flysch integro	flysch integro	21,60-22,00	21,8		2669	0,7	2,69	1,9	2650	1,2					1,24	29,76	68
3	S4-14-3	flysch integro	flysch integro	24,00-24,50	24,25		2526	1,4	2,63	3,6	2490	2,9					0,42	10,08	72
3	S5-14-3	flysch integro	flysch integro	33,80-34,00	33,9		2467	1,4	2,64	9,3	2374	4,8	29,7	15,52	34,07	0,46	0,39	9,42	80
3	S6-14-3	flysch integro	flysch integro	24,00-24,50	24,25	rottura lungo piani di scistosità	2458	3	2,63		2387	4,8	73,20	52,63	137,98	0,38	1,73	41,52	100
4	S6-14-4	flysch integro	flysch integro	25,00-25,50	25,25		2637	0,7	2,69	1,8	2620	1,2	87,10	26,32	116,96	0,23	4,84	116,10	100
3	S7-14-3	flysch integro	flysch integro	24,80-25,00	24,9		2524	2	2,61	5	2474	3,6					2,05	49,20	51
4	S7-14-4	flysch integro	flysch integro	27,00-27,40	27,2		2642	0,8	2,66	2,1	2621	2,3					0,45	10,69	61
3	S10-14-3	flysch integro	flysch integro	31,80-32,00	31,9	rottura lungo piani di scistosità	2635	0,9	2,67	1,8	2617	2	142,30	42,55	202,02	0,21			60
4	S10-14-4	flysch integro	flysch integro	24,65-24,90	24,775		2632	1	2,66	2,7	2605	2	91,00	37,45	192,31	0,19			53
1	S11-14-1	flysch integro	flysch integro	24,65-24,90	24,775		2594	1,1	2,66	3,9	2555	2,1					5,61	134,74	80

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PROVE SPT RQD – campagna di indagine 2014 TABELLA 2 - RQD strati lapidei attraversati					
sondaggio	condizione flysch attraversato	profondità investigata da		profondità media da p.c. (m)	RQD (%)
		da (m)	a (m)		
S1	alterato	20,5	21	20,75	66
	integro	21	24,5	22,75	74
S2	alterato	18,3	19,5	18,9	66
	integro	19,5	22,3	20,9	77
S3	alterato	18,3	18,8	18,55	
	integro	18,8	23	20,9	68
S4	alterato	20,2	22,8	21,5	65
	integro	22,8	24,8	23,8	72
S5	alterato	15,8	32	23,9	14
	integro	32	34,2	33,1	60
S6	alterato	22,7	23	22,85	65
	integro	23	26,8	24,9	82
S7	alterato	18,5	19,8	19,15	35
	integro	19,8	38,8	29,3	51
S8	alterato	28,8	29,5	29,15	
	integro	29,5	32	30,75	60
S9	alterato	24,5	26,8	25,65	36
	integro	26,8	28	27,4	83
S10	alterato	20,9	23,5	22,2	31
	integro	23,5	28,5	26	66
S11	alterato	20,2	21,4	20,8	95
	integro	21,4	25	23,2	83

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE RMR– campagna di indagine 2014 TABELLA 3 - Caratterizzazione dell'ammasso roccioso valutazione di				
	ammasso alterato		ammasso integro	
	valori medi	valori minimi	valori medi	valori minimi
R1	7	2	7	2
R2	13	8	13	8
R3	8	8	10	10
R4	10	10	25	25
R5	4	4	15	15
RMR	42	32	70	60

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE PARAMETRI DI MOHR-COULUMB DELL'AMMASSO – campagna di indagine 2014 TABELLA 4 - Valutazione dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso - formula di Hoek et Al											
Alterato						Integro					
valori medi			valori minimi			valori medi			valori minimi		
Hoek Brown Classification			Hoek Brown Classification			Hoek Brown Classification			Hoek Brown Classification		
sigci	74	MPa	sigci	21	MPa	sigci	74	MPa	sigci	21	MPa
GSI	38		GSI	38		GSI	50		GSI	50	
mi	17		mi	17		mi	17		mi	17	
D	0		D	0		D	0		D	0	
Hoek Brown Criterion			Hoek Brown Criterion			Hoek Brown Criterion			Hoek Brown Criterion		
mb	1,85694		mb	1,85694		mb	2,85051		mb	2,85051	
s	0,00101905		s	0,00101905		s	0,003866		s	0,003866	
a	0,51302		a	0,51302		a	0,505734		a	0,505734	
Failure Envelope Range			Failure Envelope Range			Failure Envelope Range			Failure Envelope Range		
Application	General		Application	General		Application	General		Application	General	
sig3max	18,5	MPa	sig3max	5,25	MPa	sig3max	18,5	MPa	sig3max	5,25	MPa
Mohr-Coulomb Fit			Mohr-Coulomb Fit			Mohr-Coulomb Fit			Mohr-Coulomb Fit		
c	3,61294	MPa	c	1,02529	MPa	c	4,32645	MPa	c	1,22778	MPa
phi	31,451	degrees	phi	31,451	degrees	phi	35,0826	degrees	phi	35,0826	degrees
Rock Mass Parameters			Rock Mass Parameters			Rock Mass Parameters			Rock Mass Parameters		
sigt	-0,0406096	MPa	sigt	-0,0115243	MPa	sigt	-0,10036	MPa	sigt	-0,02848	MPa
sigc	2,15961	MPa	sigc	0,612861	MPa	sigc	4,45681	MPa	sigc	1,26477	MPa
sigcm	12,8898	MPa	sigcm	3,65791	MPa	sigcm	16,6514	MPa	sigcm	4,72539	MPa
Em	4311,38	MPa	Em	2296,73	MPa	Em	8602,33	MPa	Em	4582,58	MPa

AMPLIAMENTO MOLO VII PORTO DI TRIESTE MODULO DI DEFORMAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO – campagna di indagine 2014 TABELLA 5 - Sintesi dei risultati e valutazione del modulo di deformazione dell'ammasso																						
ammasso roccioso di riferimento	Prova ELL (materiale sano)		RQD (%)	RMR (%)	Fattore di disturbo D (-)	GSI (%)	Beniawski		Hoek-Brown		Beniawski E (Gpa)	Stille E (Gpa)	Serafim e Pereira E (Gpa)	Mehrotra Mitra Agrawal E (Gpa)	Isarevic e kovacevic E (Gpa)	Chappel (Gpa)	Coon e Merrit		Hoek (Gpa)	E _{medio} (Gpa)		
	σ _f (Mpa)	E (Gpa)					c (Mpa)	φ' (°)	c (Mp)	φ' (°)							E (Gpa)	E (Gpa)			E/E50 (-)	E (Gpa)
	Mpa	Gpa					(%)	(%)	(-)	(%)							(Mpa)	(°)			(Mp)	(°)
valori medi																						
flysch alterato	74.0	29.3	54.7	42.0	0.0	38.0	1.5	35.5	3.6	31.5	-16.0	2.1	6.3	1.7	2.5	2.3	0.1	3.6	1.0	3.1		
flysch integro	74.0	29.3	68.9	70.0	0.0	50.0	2.4	42.5	4.3	35.1	40.0	3.5	31.6	6.3	23.8	15.4	0.4	12.0	1.0	12.2		
valori minimi																						
flysch alterato	21.0	1.5	14.2	32.0	0.0	38.0	1.2	33.0	1.0	31.5	-36.0	1.6	3.5	1.1	1.1	0.8	0.1	0.1	1.0	1.6		
flysch integro	21.0	1.5	35.3	60.0	0.0	50.0	2.0	40.0	1.2	35.1	20.0	3.0	17.8	4.0	10.6	8.9	0.3	0.4	1.0	3.5		
valori utilizzati nella determinazione del valore medio																						

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 2

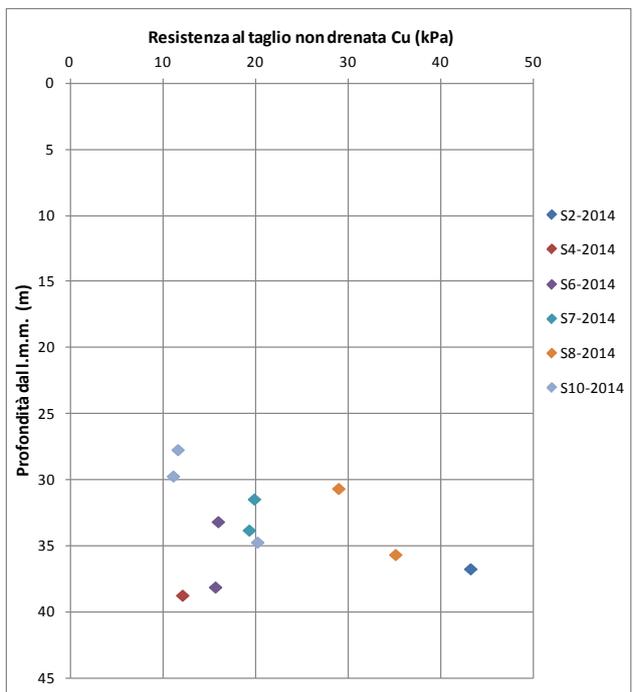
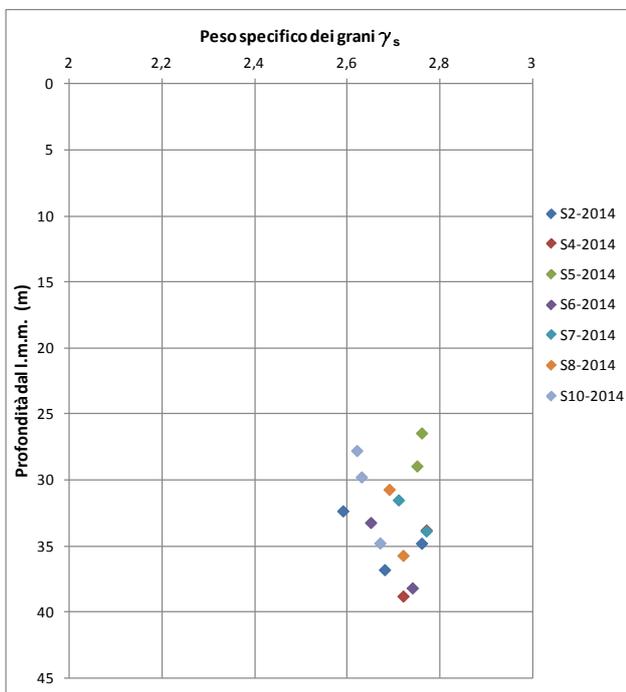
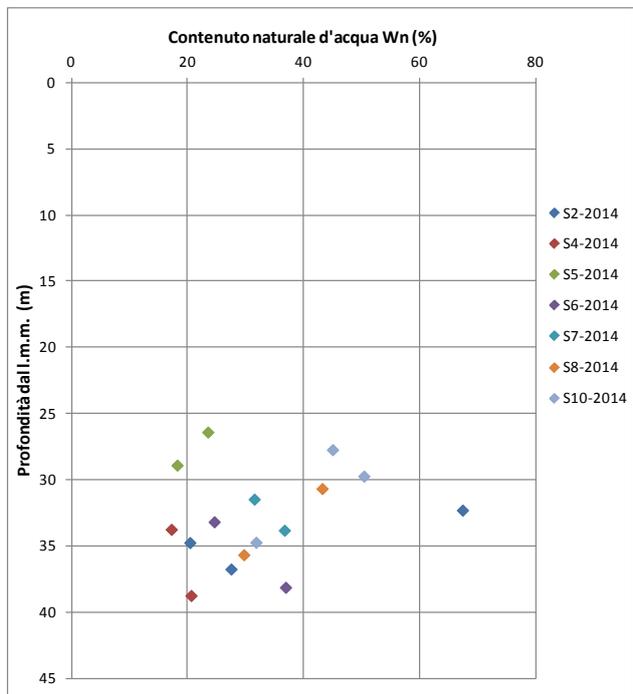
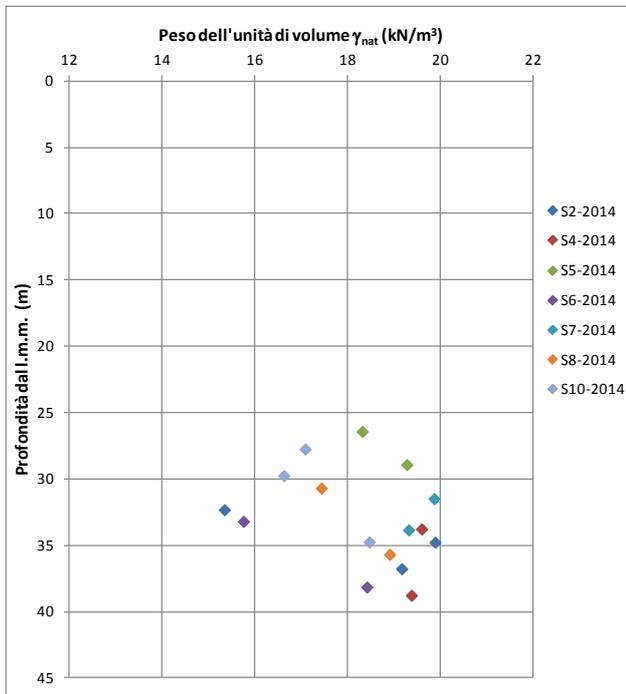
MODULO DI DEFORMAZIONE VALUTATO SECONDO	<ul style="list-style-type: none"> • <i>BIENIAWSKI [1978]</i> $E_d \text{ [GPa]} = 2 \cdot \text{RMR} - 100$
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>STILLE [1982]</i> $E_d \text{ [GPa]} = 0.05 \cdot \text{RMR}$
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>SERAFIM e PEREIRA [1983]</i> $E_d \text{ [GPa]} = 10 \left(\frac{\text{RMR} - 10}{40} \right)$
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>MEHROTRA, MITRA e AGRAWAL [1991]</i> $E_d \text{ [GPa]} = 10 \left(\frac{\text{RMR} - 30}{50} \right)$
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>IASAREVIC e KOVACEVIC [1996]</i> $E_d \text{ [MPa]} = e^{(4.407 + 0.081 \text{RMR})}$

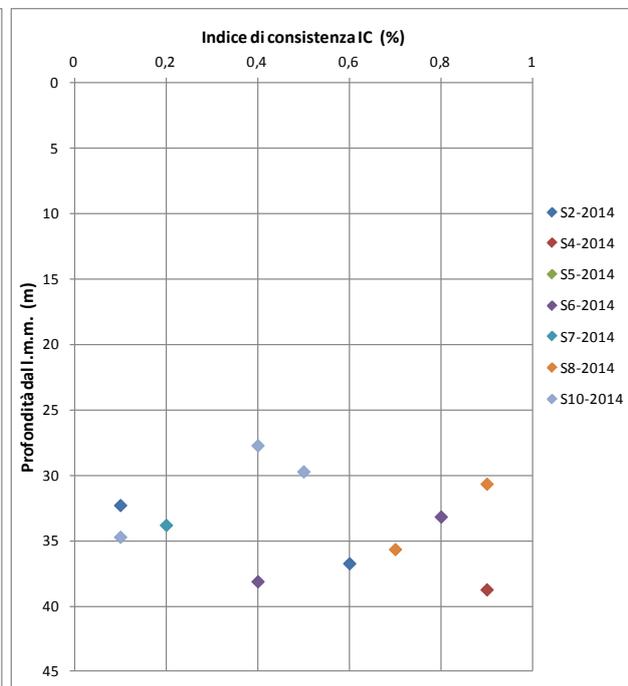
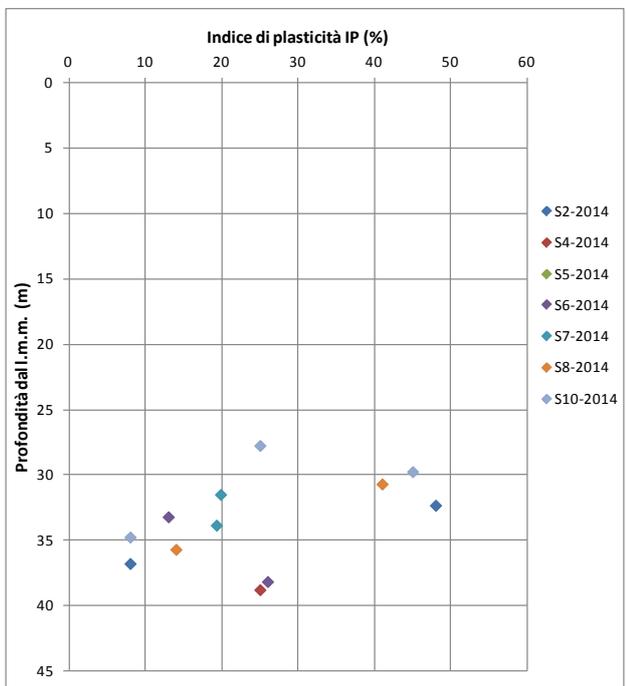
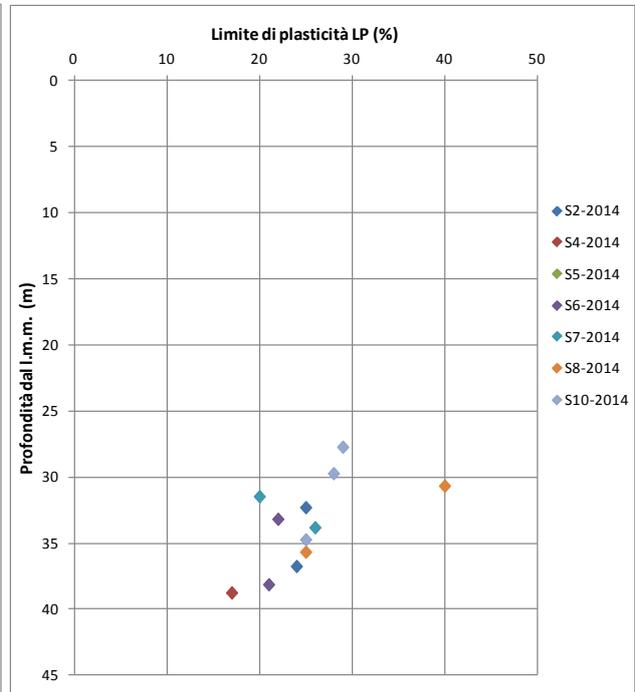
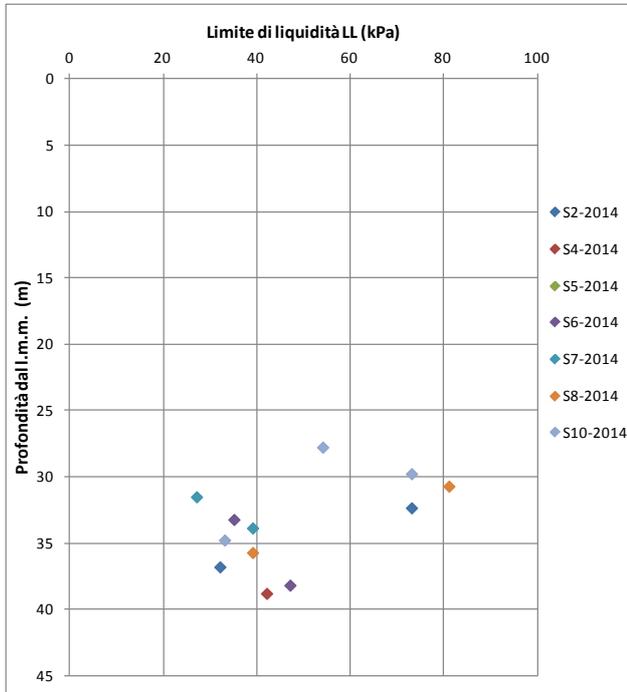
Tabella IV – Valori del modulo di deformabilità per le diverse classi di qualità dell'ammasso roccioso [da CHAPPEL, 1984].

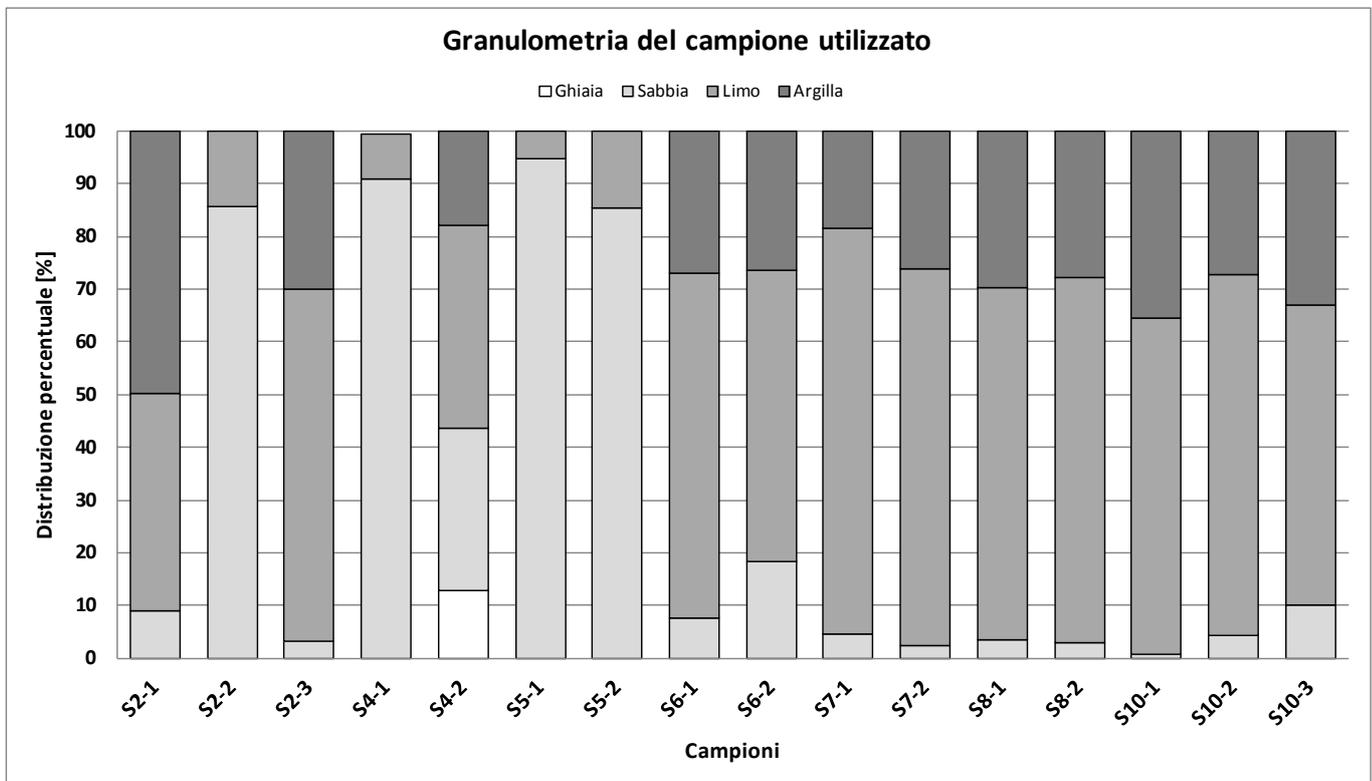
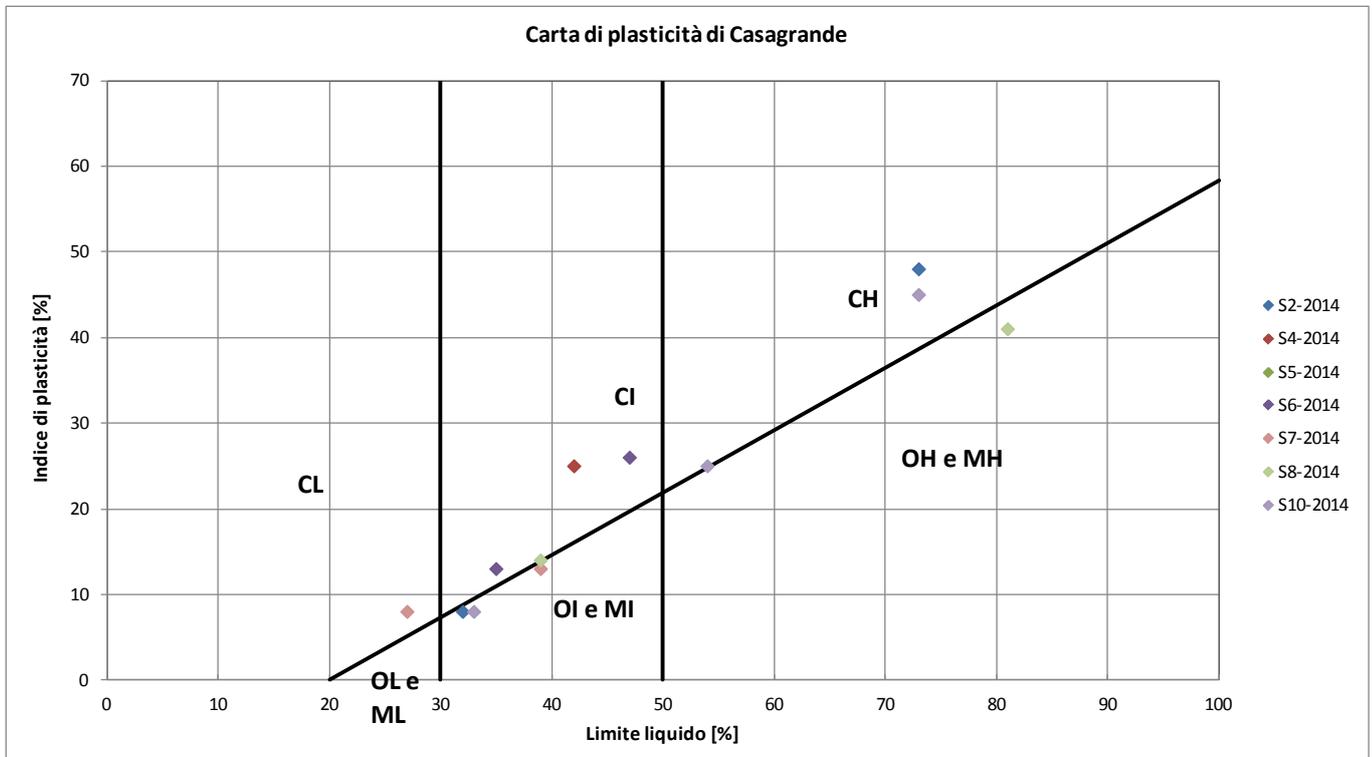
Classi di qualità	Descrizione	Indice RMR	E_d [GPa]
V	Molto scadente	0-20	0.05 → 0.5
IV	Scadente	20-40	0.5 → 1.0
III	Discreta	40-60	1.0 → 5.0
II	Buona	60-80	5.0 → 25
I	Molto buona	80-100	25 → 50

Tabella III – Valori del coefficiente di riduzione del modulo in funzione del valore dell'indice RQD [da COON e MERRITT, 1970].

Descrizione della qualità dell'ammasso roccioso	Indice RQD	Coefficiente di riduzione del modulo ($E_d/E_{t,50}$)
Molto scadente	0-25	< 0.20
Scadente	25-50	< 0.20
Discreta	50-75	0.20-0.50
Buona	75-90	0.50-0.80
Eccellente	90-100	0.80-1.00

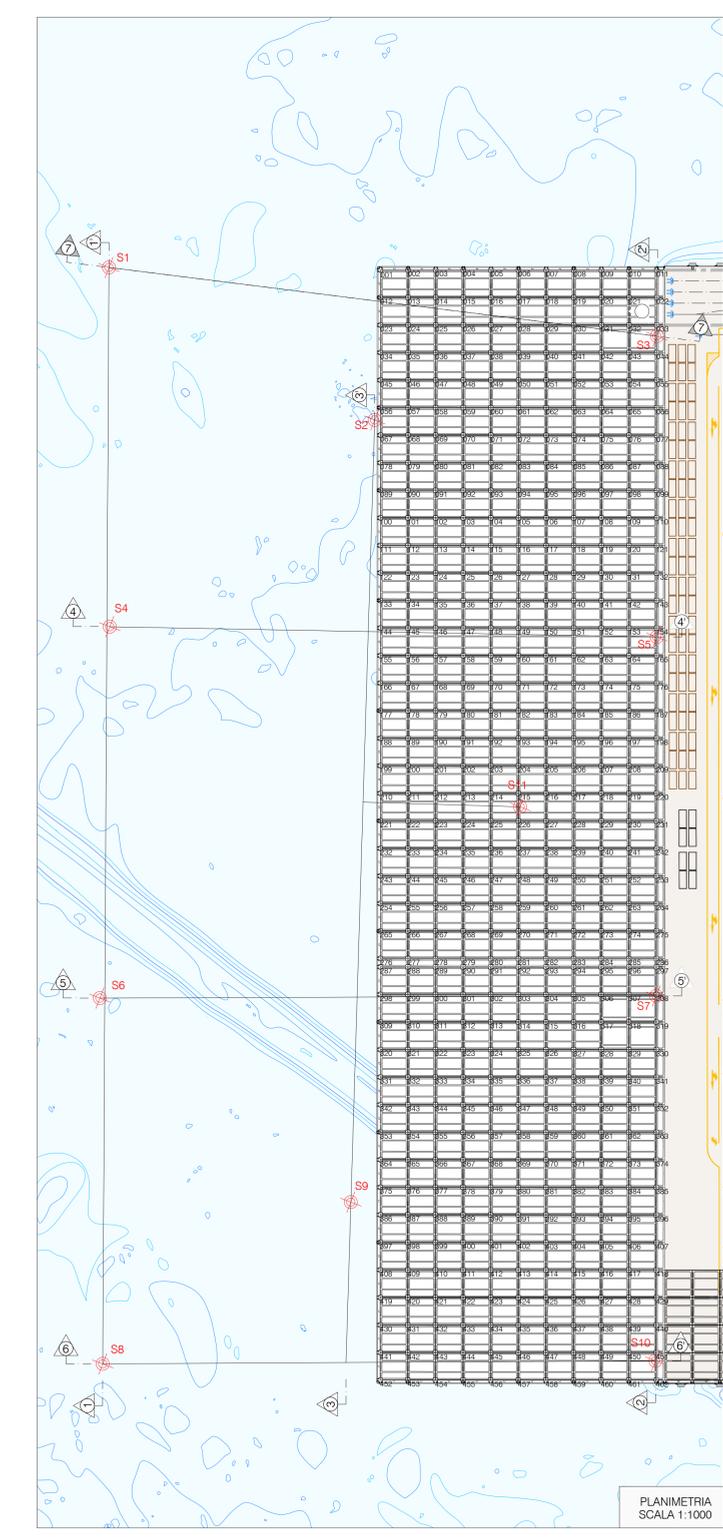
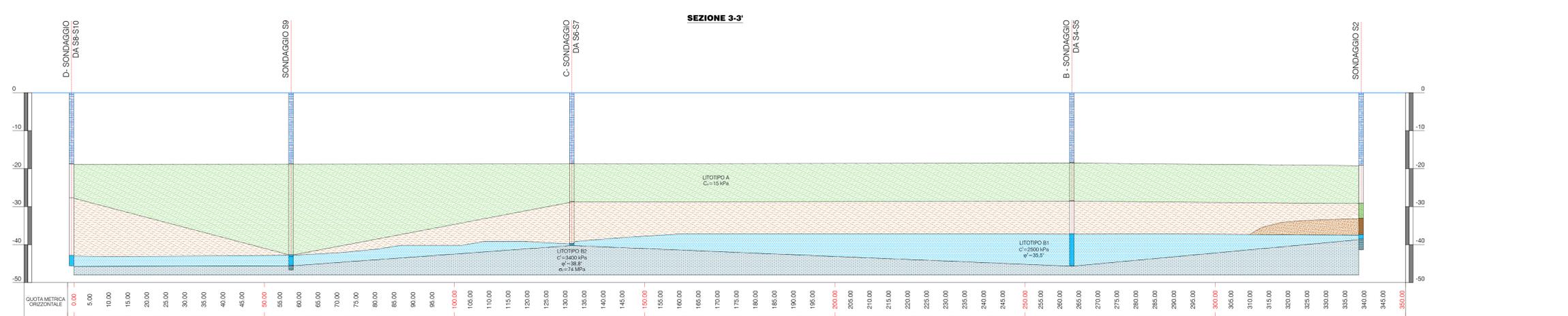
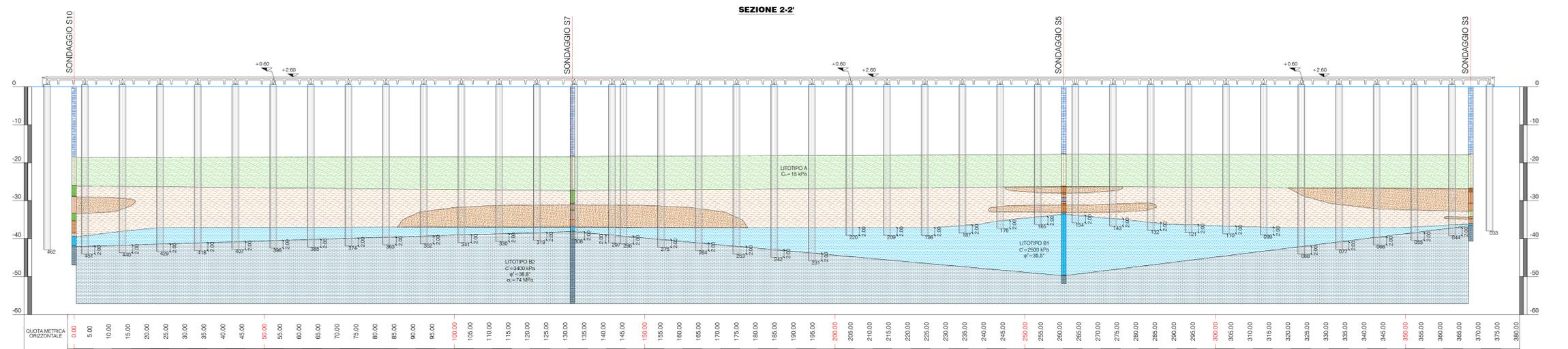
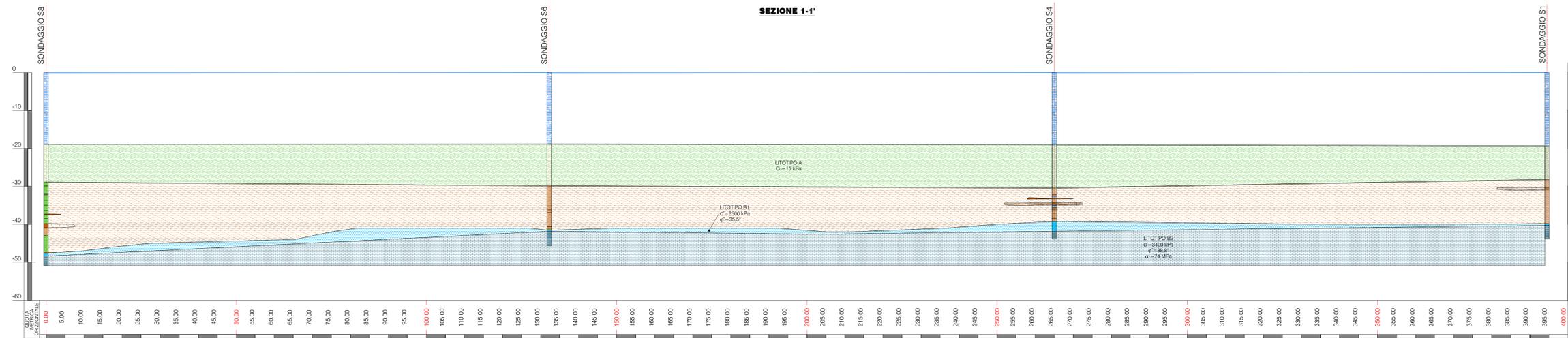






	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 3

**ALLEGATO 3 – SEZIONI STRATIGRAFICHE LONGITUDINALI
(0129TST01055-00)**



PIANTA CHIAVE

AMPLIAMENTO MOLO ESISTENTE

LEGENDA

- RETIKOLO DI RIFERIMENTO LOCALE
- QUADRANTI DI INTERESSE
- STRATO LIMO-ARGILLOSO - LITOTIPO A
- STRATO LIMO-ARGILLOSO SABBIOSO - LITOTIPO A
- SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA - LITOTIPO A
- FLYSCH ALTERATO - LITOTIPO B1
- FLYSCH INTEGRO - LITOTIPO B2

NOTA 1:
Per le sezioni 4-4-5-5-6-6-7-7 vedi elaborato 0129TST01056-00

NOTA 2:
Nelle sezioni vengono riportate le lunghezze di infissione dei pali in base agli schemi geotecnici (n. 0129TST01003-00 - allegato 5)

NOTA 3:
σ₇ = Resistenza a compressione monoassiale

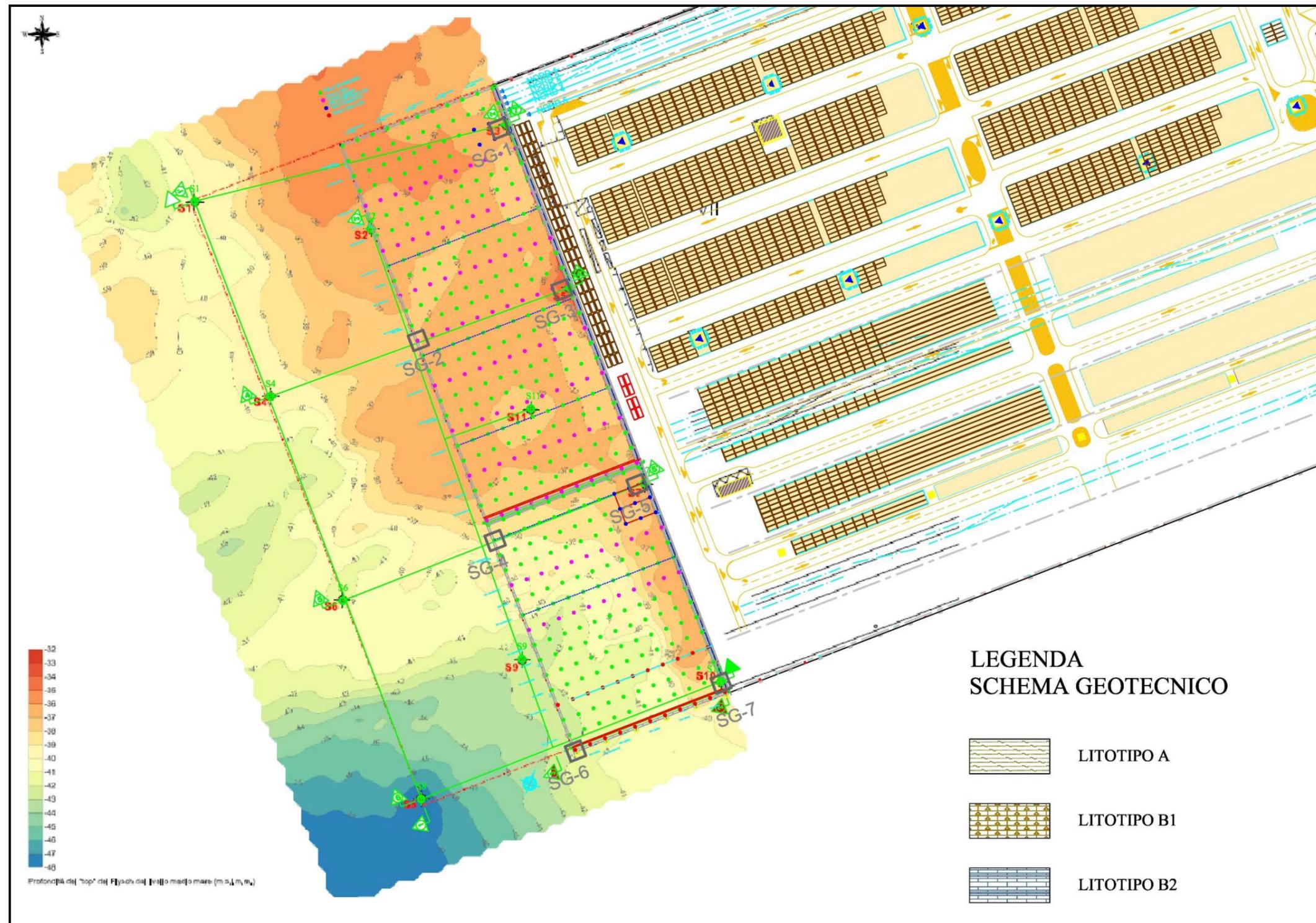
DD	Novembre 2014	PRIMA EMISSIONE	S.I.S. Engineering s.r.l.
REVISIONE	DATA	MOTIVAZIONE	PRODOTTORE
MATERIA DELLA REVISIONE			
Stazione appaltata			
AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m			
Livello progettuale			
PROGETTO DEFINITIVO			
Soggetto attuatore		Area code	
		0129 TST	
Titolo		File code	
INDAGINI GEOGNOSTICHE PROFILI STRATIGRAFICI TAV 1/2		01058-00 R03 C-01	
Progettazione		Il Responsabile del Procedimento	
S.I.S. Engineering s.r.l. Via Colonna, n. 36 34100 Trieste (TS) P.zza Canal S. Angelo, n.11 34100 Trieste (TS) 0432/494949 0432/494949		Ing. Michelangelo Lentini Ing. B. Lentini Ing. A. Porretti Ing. R. Scola Ing. M. Filippone Dott. Geol. G. Cardinale Dott.ssa V. Colaninno Ing. L. Drago Ing. P. Seneraro	
Disegnato T. Tripaldi		Scale 1:900 - 1:1000	
Verificato Isola		Data Novembre 2014	
File name 0129TST01055-00 R03.dwg		File name 0129TST01055-00 R03.dwg	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 4

ALLEGATO 4 – SEZIONI STRATIGRAFICHE TRASVERSALI
(0129TST01056-00)

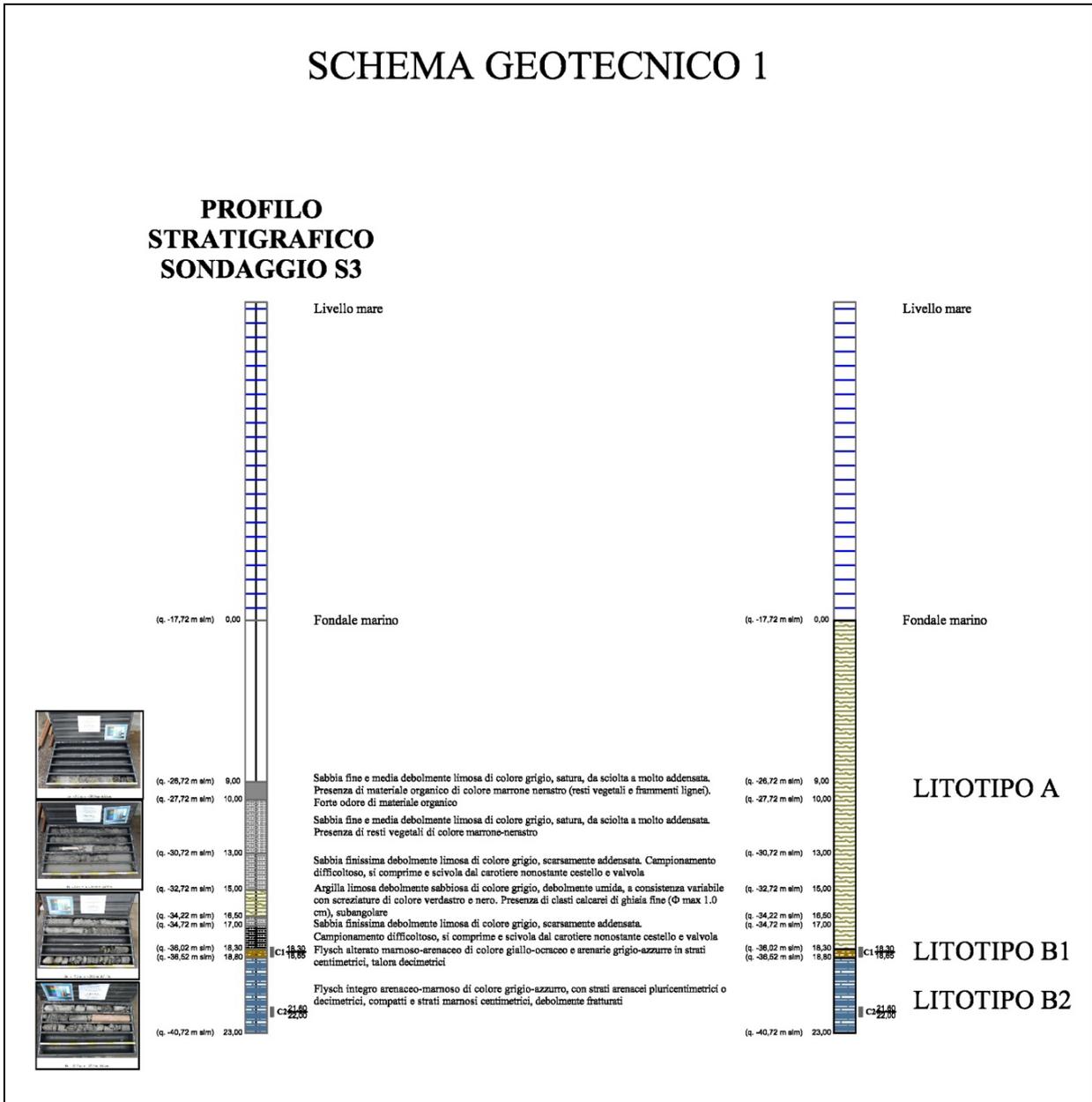
	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 5

ALLEGATO 5 – SCHEMI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO



SCHEMA GEOTECNICO 1

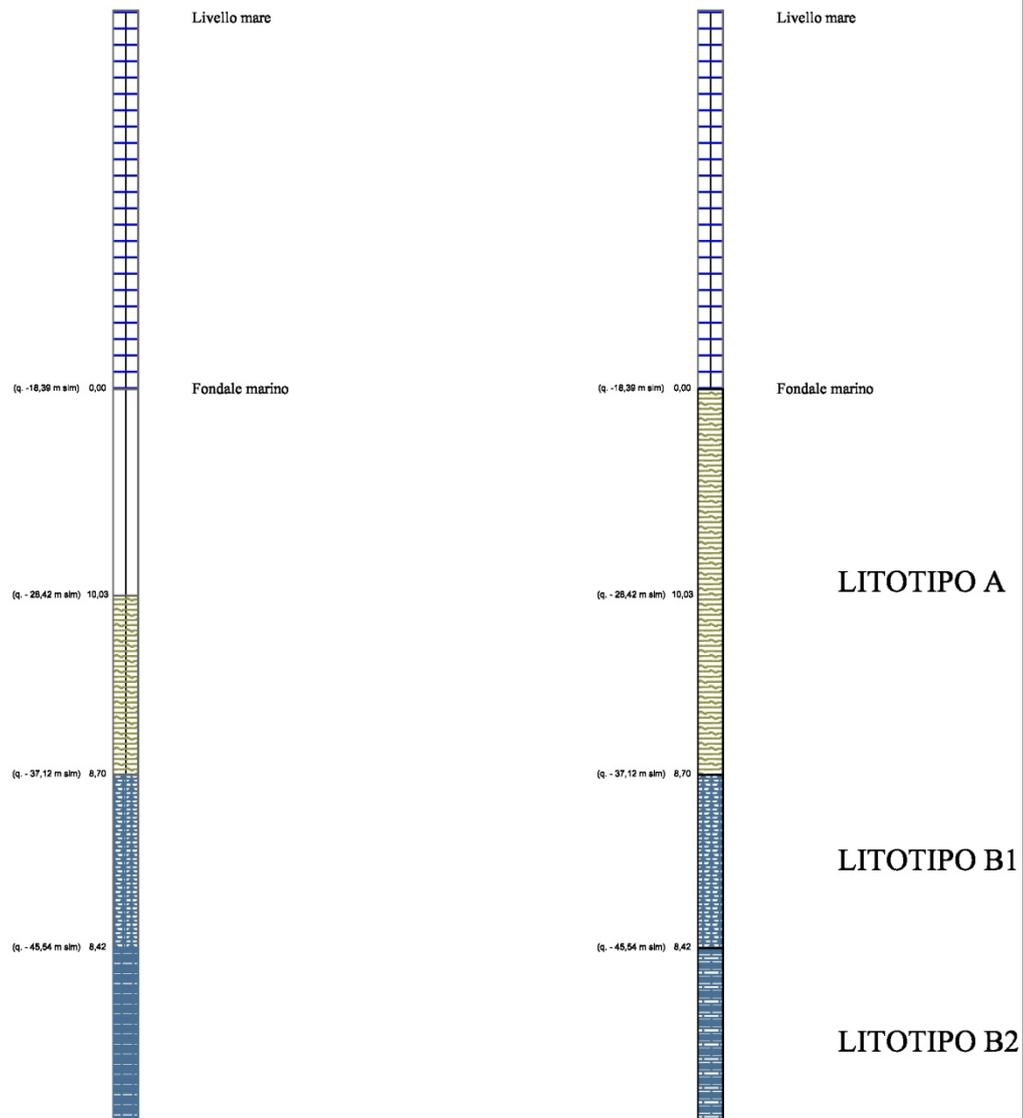
PROFILO STRATIGRAFICO SONDAGGIO S3

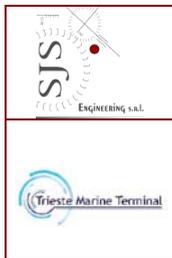


	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		ALLEGATO 5

SCHEMA GEOTECNICO 2

PROFILO STRATIGRAFICO SEZIONE 4-4'





**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

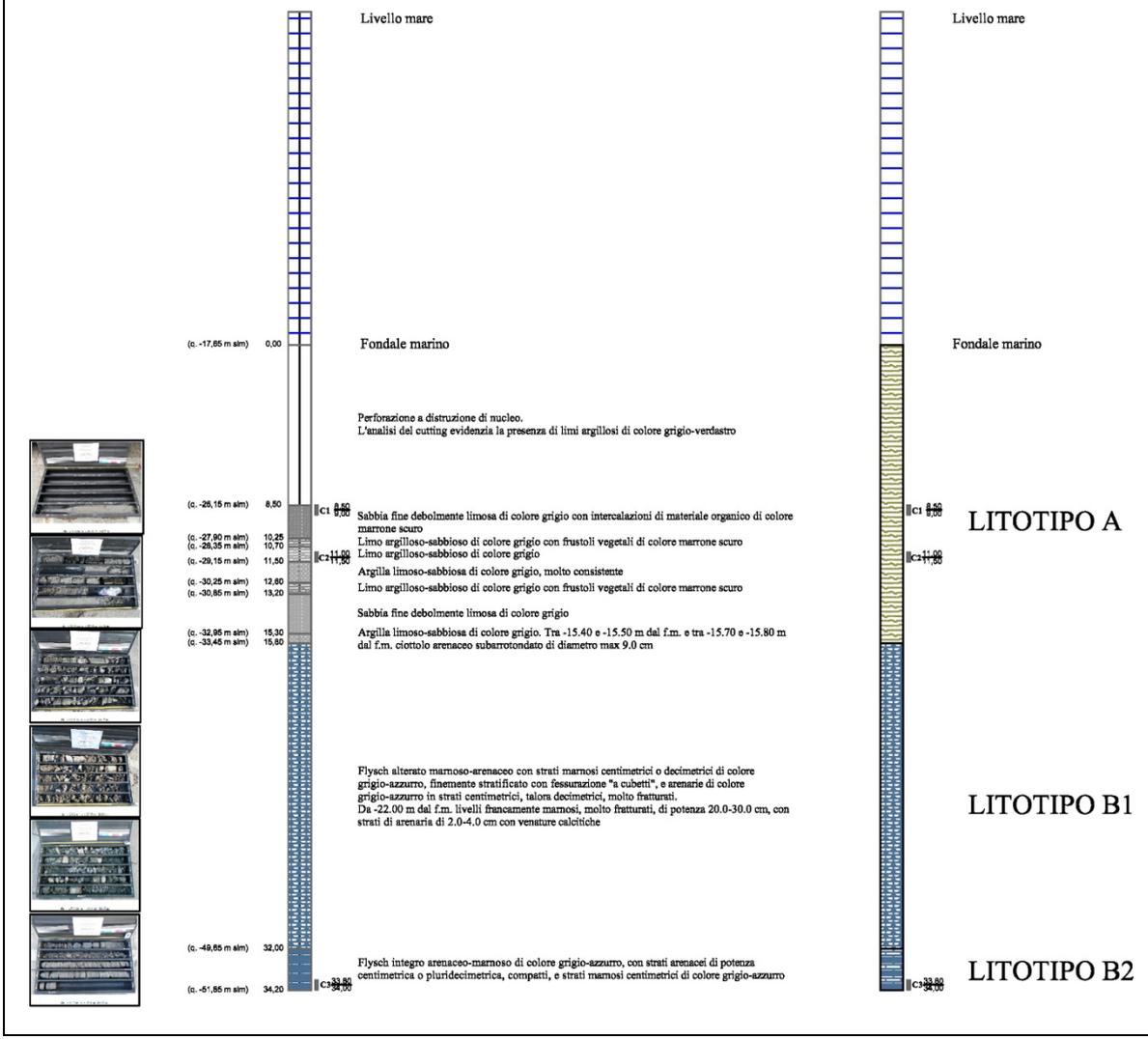
Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 5

SCHEMA GEOTECNICO 3

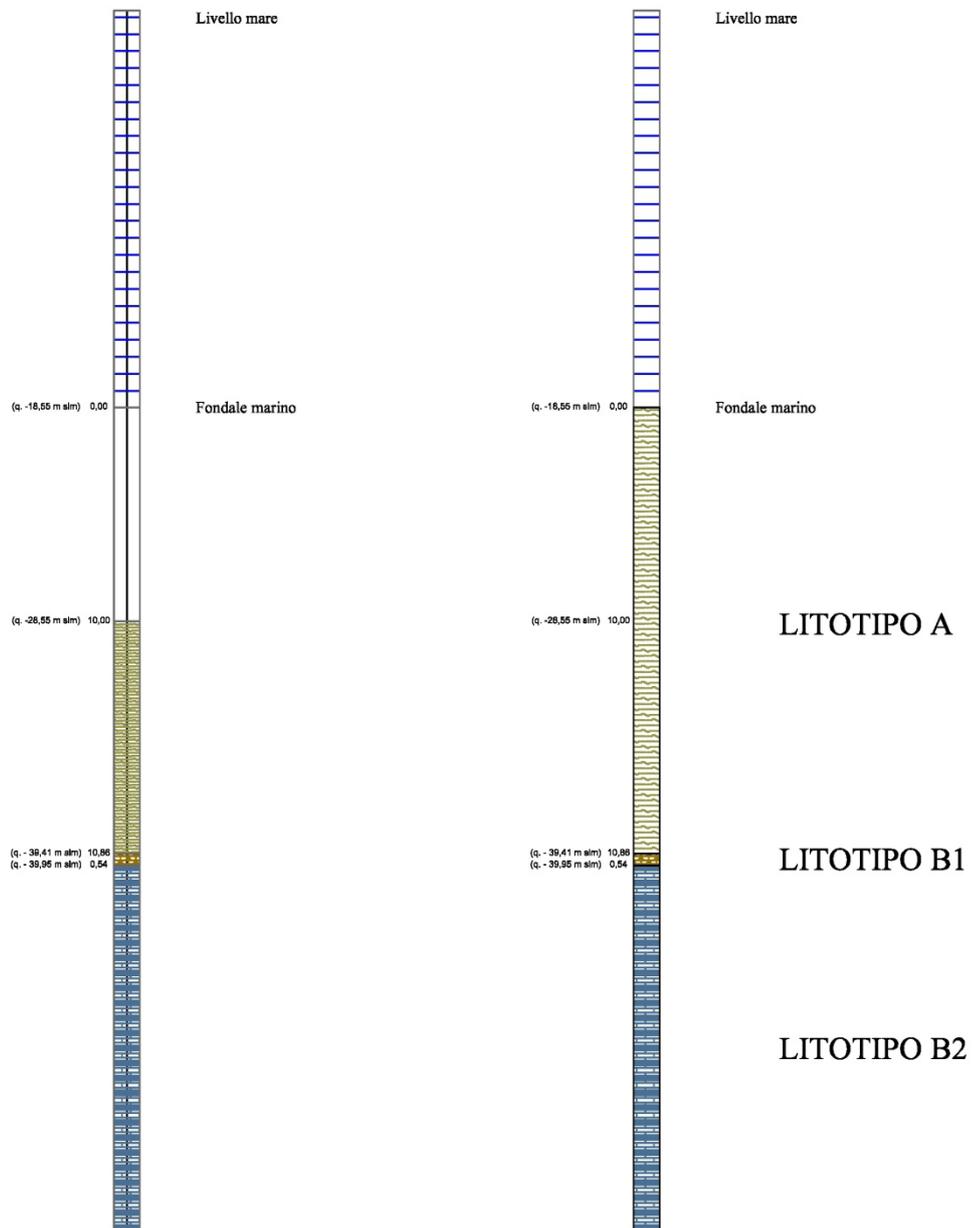
PROFILO STRATIGRAFICO SONDAGGIO S5



	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		ALLEGATO 5

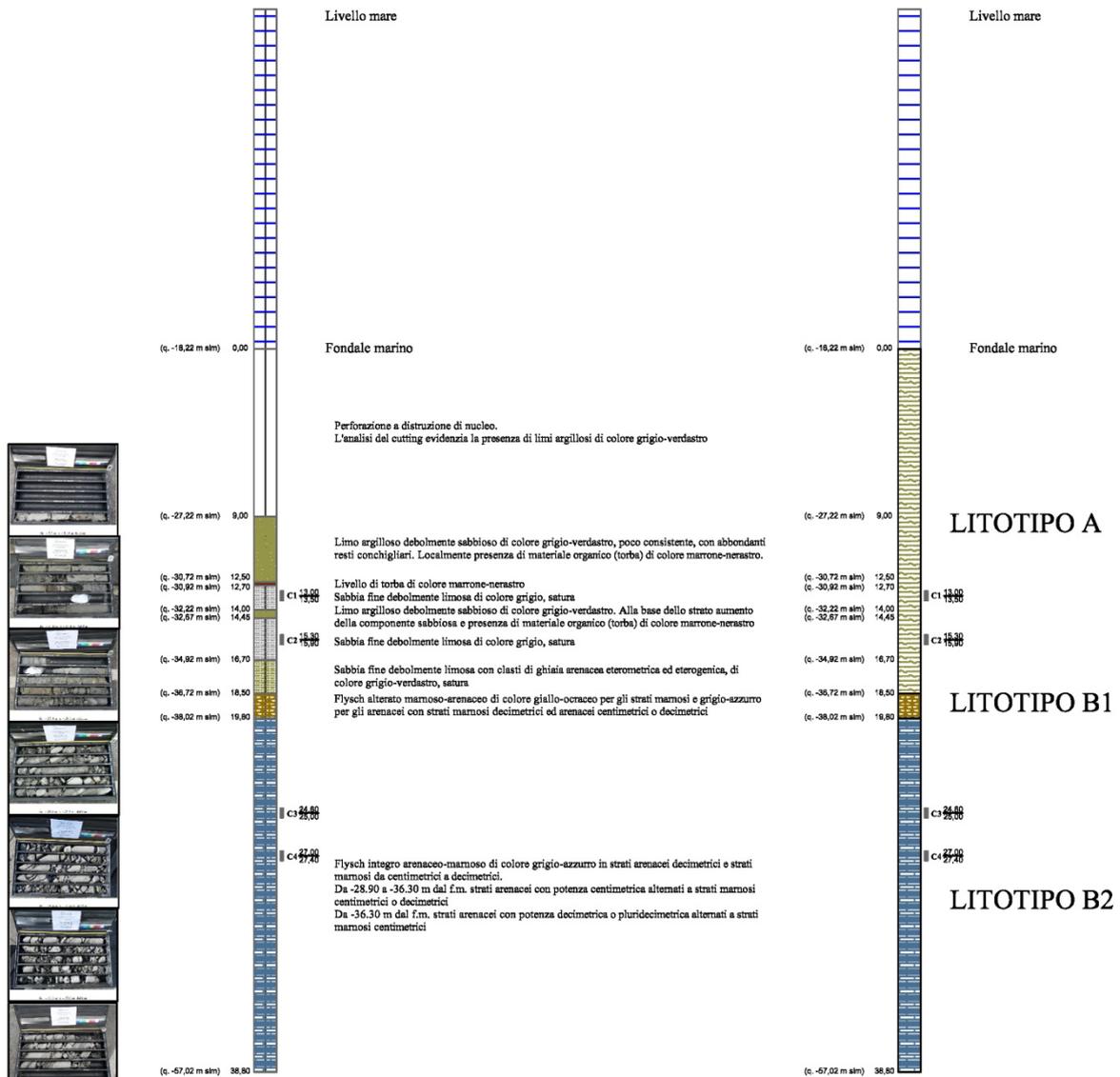
SCHEMA GEOTECNICO 4

PROFILO STRATIGRAFICO SEZIONE 5-5'



SCHEMA GEOTECNICO 5

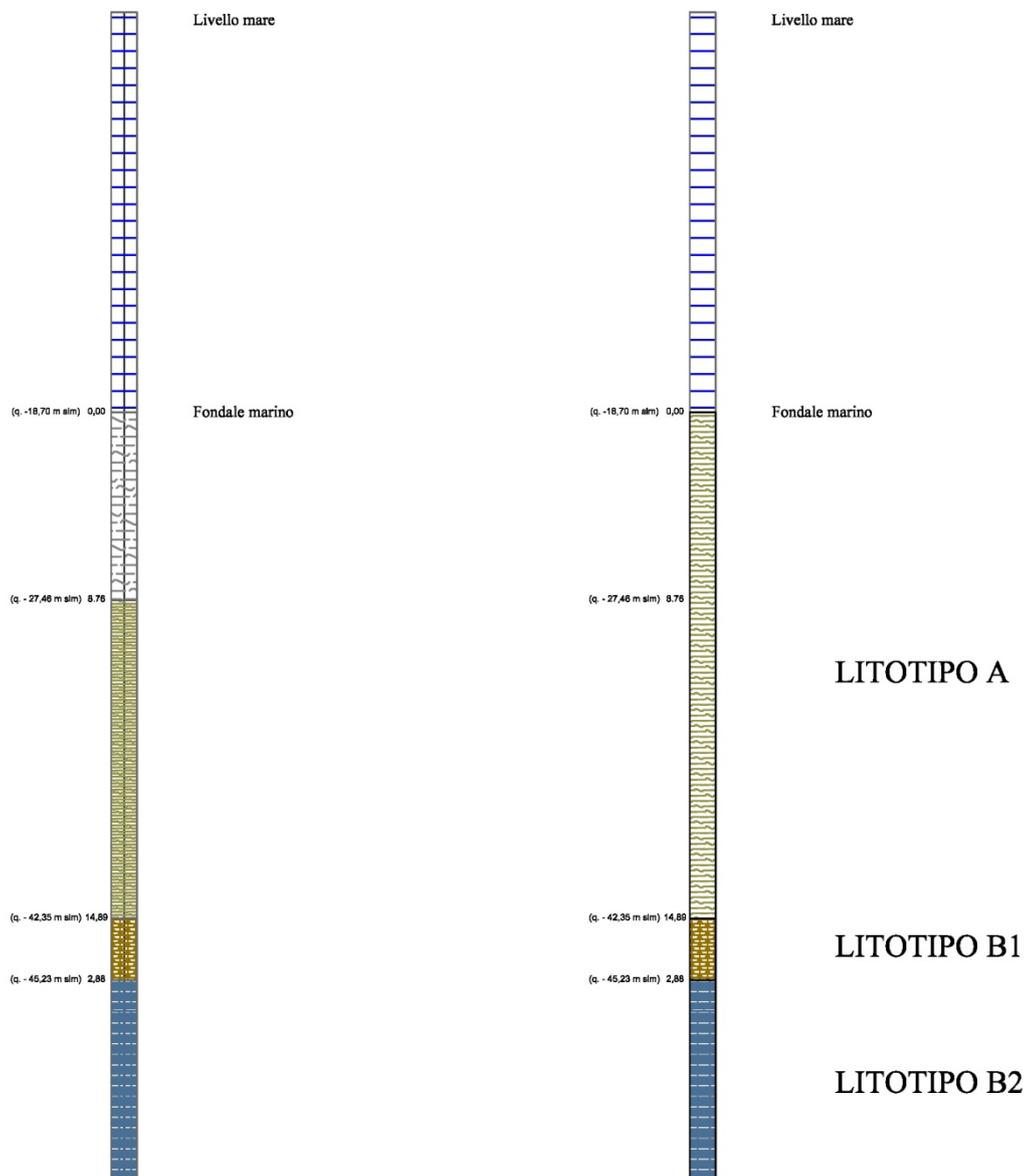
PROFILO STRATIGRAFICO SONDAGGIO S7



	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		ALLEGATO 5

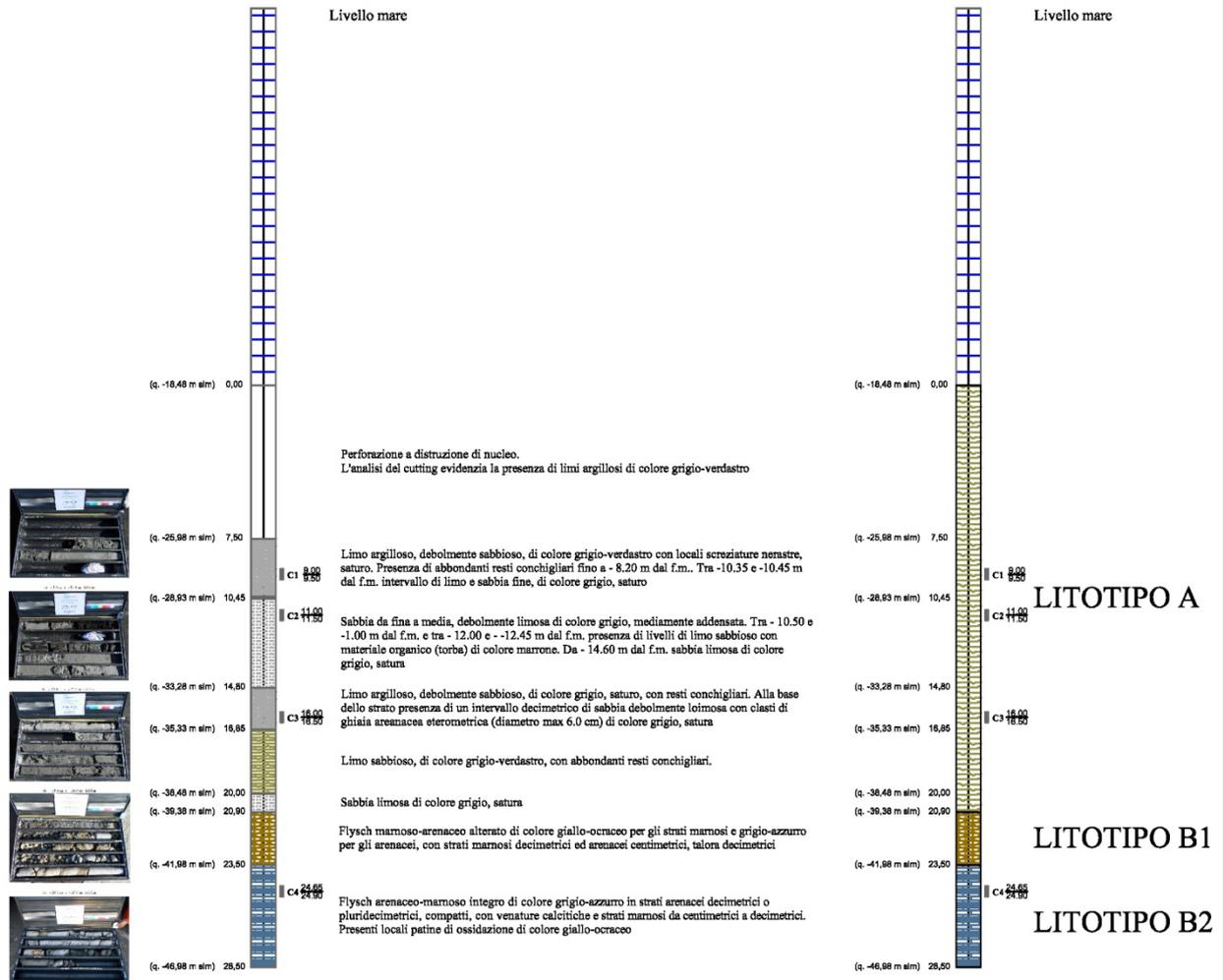
SCHEMA GEOTECNICO 6

PROFILO STRATIGRAFICO SEZIONE 6-6'



SCHEMA GEOTECNICO 7

PROFILO STRATIGRAFICO SONDAGGIO S10



	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

ALLEGATO 6 - DETTAGLIO ANALITICO CALCOLAZIONI SVOLTE VERIFICHE A FORZE VERTICALI (RESISTENZA E CEDIMENTI)

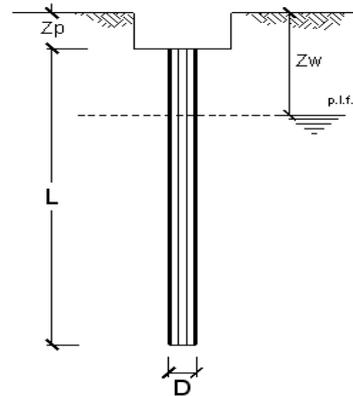
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: palo standard- **SG1** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4708.46** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)
 Numero di strati **4** Lpalo = **38.50** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _o	γ _s	γ _s traz	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ _s	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ _a	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	Φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.70	mare	0.00			
2	18.30	sedimenti fini	18.30			
3	0.50	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	Φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.70	mare	0.00			
2	18.30	sedimenti fini	17.80			
3	0.50	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	17.70	mare	0.0					0.0					
2	18.30	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	0.50	flysch alterato	-18.5					-26.0					
4	2.00	flysch integro	-20.7	25.43	30.38	103483.1	263332.4	-51.8	21.73	27.02	43177.9	109874.4	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

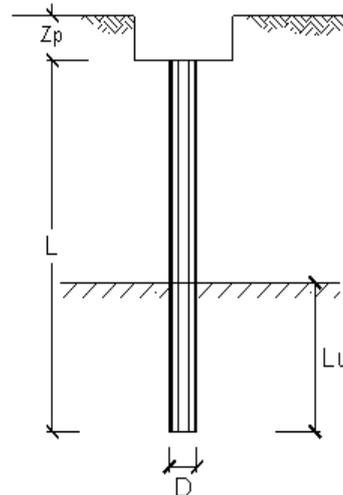
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 263332.4$ (kN)	base	$R_{b,cal\ min} = 109874.4$ (kN)
$N_d = 14766.1$ (kN)		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0$ (kN)	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0$ (kN)
		totale	$R_{c,cal\ med} = 263332.4$ (kN)	totale	$R_{c,cal\ min} = 109874.4$ (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90805.3 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 67263.2$ (kN)		$F_s = 4.56$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90805.3 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.80	(m)
Carico sul palo (P):	14766.1	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	38.50	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 0.55$ (-)

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 1.30$ (mm)

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.510$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.48 \cdot 1.30 = 1.93$ (mm)

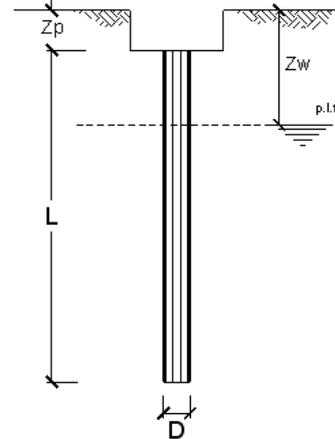
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: palo standard **SG1** **SISMA)** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4708.46** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5001.52** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **38.50** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.70	mare	0.00			
2	18.30	sedimenti fini	18.30			
3	0.50	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.70	mare	0.00			
2	18.30	sedimenti fini	17.80			
3	0.50	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)						
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	17.70	mare	0.0				0.0						
2	18.30	sedimenti fini	0.0				0.0						
3	0.50	flysch alterato	-18.5				-26.0						
4	2.00	flysch integro	-20.7	25.43	30.38	103483.1	-51.8	21.73	27.02	43177.9	109874.1		



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

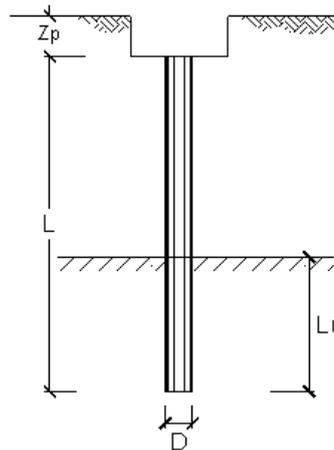
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 263332.4 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 109874.4 \text{ (kN)}$
$N_d = 9710.0 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 263332.4 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 109874.4 \text{ (kN)}$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90805.3 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 67263.2 \text{ (kN)}$		$F_s = 6.93$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90805.3 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.80	(m)
Carico sul palo (P):	9710.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	38.50	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$ 0.55 (-)

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 0.85 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$ R = 0.510

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.48 \cdot 0.85 = 1.27 \text{ (mm)}$

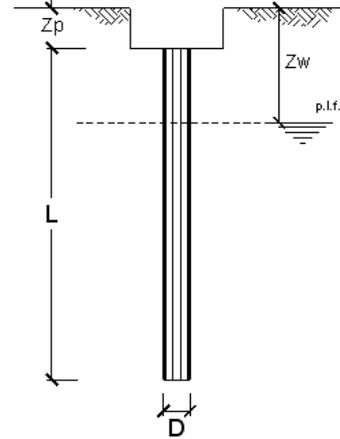
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Palo standard - **SG2** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4749.82** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)
 Numero di strati **3** L_{palo} = **39.15** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
		γ _G	γ _Q				
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.40	mare	0.00			
2	18.75	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.40	mare	0.00			
2	18.75	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	18.40	mare	0.0					0.0				
2	18.75	sedimenti fini	0.0					0.0				
3	2.00	flysch alterato	-54.9	13.59	19.03	47505.4	120886.5	-85.7	11.73	17.04	18582.5	47286.6



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	258832.5 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47286.6 (kN)
$N_d =$	14819.9 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	120886.5 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47286.6 (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39079.9 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	39079.9 (kN)	$F_s =$	2.64
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39079.9 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)

Carico sul palo (P): 10513.2 (kN)

Lunghezza del Palo (L): 39.15 (m)

Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)

Modulo di Deformazione (E): 1620.00 (MPa)

Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)

Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)

CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$ 0.55 (-)

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} =$ 1.77 (mm)

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_g \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

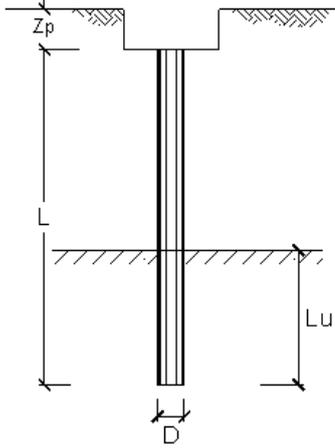
Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$ R = 0.505

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.50 \cdot 1.77 = 2.65$ (mm)



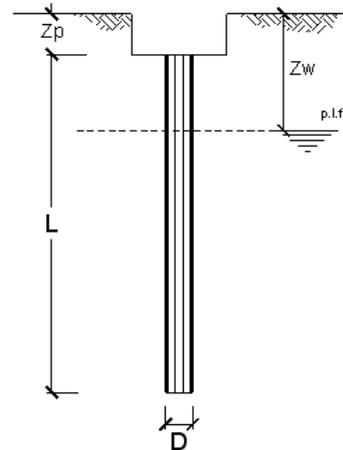
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Palo standard - **SG2** (SISMA) **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4749.82** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5004.95** (kN)
 Numero di strati **3** L_{palo} = **39.15** (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.40	mare	0.00			
2	18.75	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.40	mare	0.00			
2	18.75	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	18.40	mare	0.0					0.0					
2	18.75	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	2.00	flysch alterato	-54.9	13.59	19.03	47505.4	120886.5	-85.7	11.73	17.04	18582.5	47286.6	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

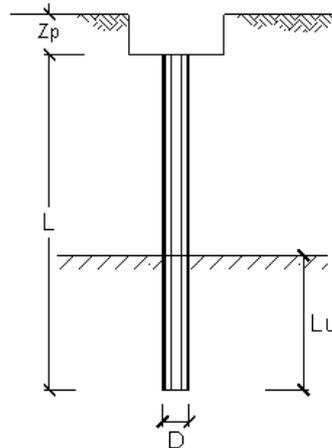
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	258832.5 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47286.6 (kN)
$N_d =$	9754.8 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	120886.5 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47286.6 (kN)
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39079.9 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	28948.0 (kN)	$F_s =$	2.97
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39079.9 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.80	(m)
Carico sul palo (P):	9754.8	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	39.15	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	1620.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.55 (-)$

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 1.64 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.505$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.50 \cdot 1.64 = 2.46 \text{ (mm)}$

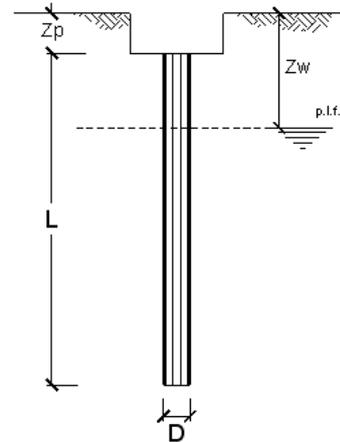
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Palo standard - **SG3** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4514.43** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)
 Numero di strati **3** L_{palo} = **35.45** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

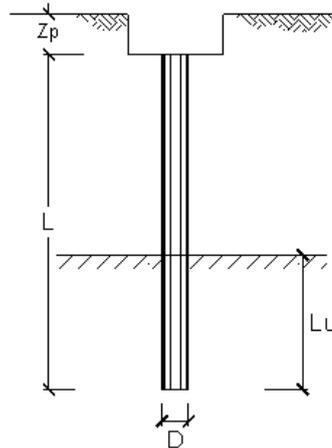
RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	17.65	mare	0.0				0.0					
2	15.80	sedimenti fini	0.0				0.0					
3	2.00	flysch alterato	-111.9	13.82	19.36	48112.5	122431.3	-137.3	11.90	17.31	18694.2	47571.0

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
$N_d =$	14513.9 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39314.8 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	29122.1 (kN)	$F_s =$	2.01
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39314.8 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA	
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste
DATI DI IMPUT:	
Diametro del Palo (D):	1.80 (m)
Carico sul palo (P):	10277.8 (kN)
Lunghezza del Palo (L):	35.45 (m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00 (m)
Modulo di Deformazione (E):	1620.00 (MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1 (-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0 (m)
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:	
$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$	
Coefficiente di forma	
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$	0.55 (-)
Cedimento del palo	
$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$	= 1.73 (mm)
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:	
$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$	
Coefficiente di Gruppo	
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)	
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R = 0.531
Cedimento della palificata	
$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta =$	1 * 1.40 * 1.73 = 2.43 (mm)



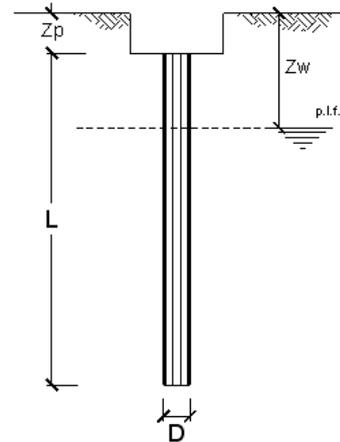
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Palo standard - **SG3** -SISMA **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4514.43** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **4872.56** (kN)
 Numero di strati **3** L_{palo} = **35.45** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
		γ _G	γ _Q				
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	17.65	mare	0.0				0.0					
2	15.80	sedimenti fini	0.0				0.0					
3	2.00	flysch alterato	-111.9	13.82	19.36	48112.5	122431.3	-137.3	11.90	17.31	18694.2	47571.0



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
$N_d =$	9387.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39314.8 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	29122.1 (kN)	$F_s =$	3.10
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39314.8 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)

Carico sul palo (P): 9387.0 (kN)

Lunghezza del Palo (L): 35.45 (m)

Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)

Modulo di Deformazione (E): 1620.00 (MPa)

Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)

Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)

CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$ 0.55 (-)

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} =$ 1.58 (mm)

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$ R = 0.531

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.40 \cdot 1.58 = 2.22$ (mm)

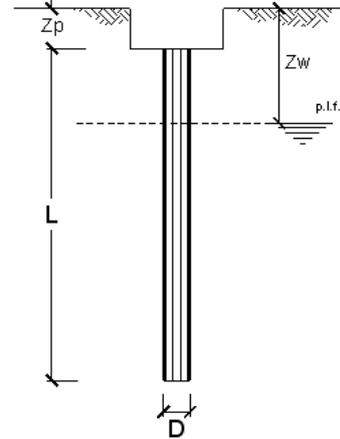
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: **Palo standard SG4** OPERA: **ampliamento molo VII Trieste**

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4927.94** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **41.95** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	18.55	mare	0.00			
2	20.85	sedimenti fini	18.30			
3	0.55	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

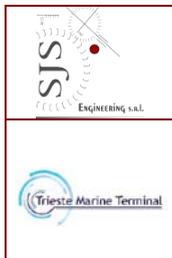
PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	18.55	mare	0.00			
2	20.85	sedimenti fini	17.80			
3	0.55	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	18.55	mare	0.0					0.0					
2	20.85	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	0.55	flysch alterato	-8.4					-17.9					
4	2.00	flysch integro	24.3	25.12	30.00	102501.4	260834.2	-11.1	21.42	26.61	42789.5	108886.1	



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

Documento
0129TST01003-00-R00

PROGETTO DEFINITIVO

Data **Novembre 2014**

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

ALLEGATO 6

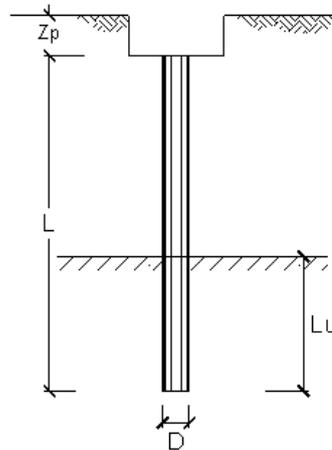
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 260834.2 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 108886.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 15051.4 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 260834.2 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 108886.1 \text{ (kN)}$
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	89988.5 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66658.2 \text{ (kN)}$		$F_s = 4.43$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	89988.5 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.80	(m)
Carico sul palo (P):	10691.3	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	41.95	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.55 \text{ (-)}$

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 0.94 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$ $R = 0.488$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.57 \cdot 0.94 = 1.48 \text{ (mm)}$

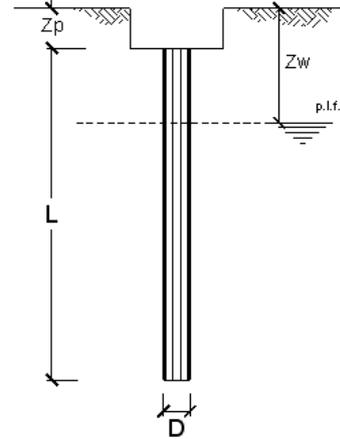
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Palo standard **SG4** **i-SISMA** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **4927.94** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5019.74** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **41.95** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	18.55	mare	0.00			
2	20.85	sedimenti fini	18.30			
3	0.55	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	18.55	mare	0.00			
2	20.85	sedimenti fini	17.80			
3	0.55	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)				
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q_{bm} (kN)
1	18.55	mare	0.0				0.0				
2	20.85	sedimenti fini	0.0				0.0				
3	0.55	flysch alterato	-8.4				-17.9				
4	2.00	flysch integro	24.3	25.12	30.00	102501.4	-11.1	21.42	26.61	42789.5	108886.1

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

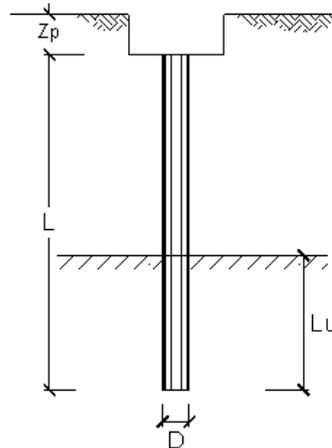
CARICO ASSIALE AGENTE	CAPACITA' PORTANTE MEDIA	CAPACITA' PORTANTE MINIMA
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$	base $R_{b,cal\ med} = 260834.2$ (kN)	base $R_{b,cal\ min} = 108886.1$ (kN)
$N_d = 13935.9$ (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} = .0$ (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} = .0$ (kN)
	totale $R_{c,cal\ med} = 260834.2$ (kN)	totale $R_{c,cal\ min} = 108886.1$ (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA	CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO	
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 89988.5$ (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$	$F_s = R_{c,d} / N_d$
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = .0$ (kN)	$R_{c,d} = 66658.2$ (kN)	$F_s = 4.78$
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 89988.5$ (kN)		

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)
 Carico sul palo (P): 9947.7 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 41.95 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 3100.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.55$ (-)

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 0.88$ (mm)

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.488$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.57 \cdot 0.88 = 1.37$ (mm)

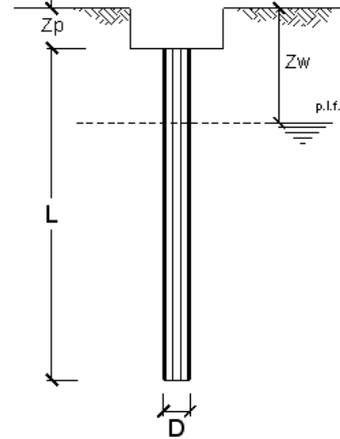
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: palo standard **SG6** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5261.93** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **47.20** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	18.70	mare	0.0				0.0					
2	23.60	sedimenti fini	0.0				0.0					
3	2.90	flysch alterato	127.8				69.9					
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot g_g + N_q \cdot g_q$		base	$R_b; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	base	$R_b; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 15485.6 \text{ (kN)}$		laterale	$R_s; \text{cal med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_s; \text{cal min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_c; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	totale	$R_c; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_b, \text{cal med}/x_3 ; R_b, \text{cal min}/x_4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/g_b + R_{sk}/g_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_s, \text{cal med}/x_3 ; R_s, \text{cal min}/x_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66691.2 \text{ (kN)}$		$F_s = 4.31$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$	= 90033.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA			
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste		
DATI DI IMPUT:			
Diametro del Palo (D):	1.80	(m)	
Carico sul palo (P):	11025.3	(kN)	
Lunghezza del Palo (L):	47.20	(m)	
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)	
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)	
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)	
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)	
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:			
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma_{\text{utile}}$			
Coefficiente di forma			
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D):$	0.55	(-)	
Cedimento del palo			
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma_{\text{utile}}$	=	0.97	(mm)
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:			
$\delta \pi = P \sigma \cdot \delta = v \cdot P \gamma \cdot \delta$			
Coefficiente di Gruppo			
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)			
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R	=	0.460
Cedimento della palificata			
$\delta \pi = v \cdot P \gamma \cdot \delta =$	1	*	1.70 * 0.97 = 1.65 (mm)

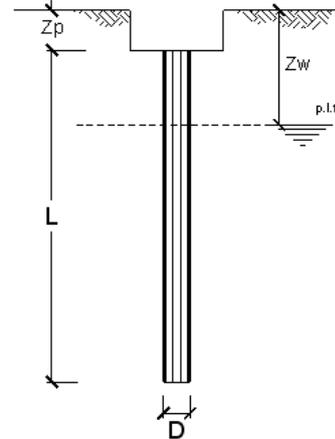
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: palo standard **SG6** - SISMA **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5261.93** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5047.46** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **47.20** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

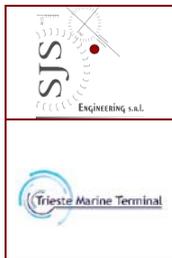
PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	18.70	mare	0.0				0.0					
2	23.60	sedimenti fini	0.0				0.0					
3	2.90	flysch alterato	127.8				69.9					
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1	



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

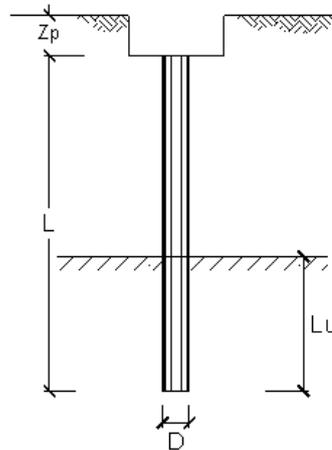
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 10309.4 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66691.2 \text{ (kN)}$		$F_s = 6.47$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90033.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)
 Carico sul palo (P): 10309.4 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 47.20 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 3100.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$
 Coefficiente di forma
 $\beta = 0.5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.55 \text{ (-)}$
 Cedimento del palo
 $\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 0.91 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$
 Coefficiente di Gruppo
 $R_g = 0.5 / R + 0.13 / R^2$ (Viggiani, 1999)
 $R = (n \cdot s / L)^{0.5}$ $R = 0.460$
 Cedimento della palificata
 $\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.70 \cdot 0.91 = 1.54 \text{ (mm)}$

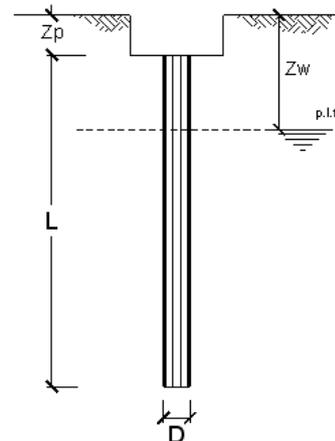
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: **Gru STS** **SG6** OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5504.53** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **16034.5** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **47.20** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
		γ _G	γ _Q				
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30	



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)				
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q_{bm} (kN)
1	18.70	mare	0.0				0.0				
2	23.60	sedimenti fini	0.0				0.0				
3	2.90	flysch alterato	127.8				69.9				
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	258832.5 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	108940.1 (kN)
$N_d =$	31207.6 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	258832.5 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	108940.1 (kN)
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	66691.2 (kN)	$F_s =$	2.14
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90033.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA					
<u>OPERA:</u>	ampliamento molo VII Trieste				
<u>DATI DI IMPUT:</u>					
Diametro del Palo (D):	1.80	(m)			
Carico sul palo (P):	18789.0	(kN)			
Lunghezza del Palo (L):	47.20	(m)			
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)			
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)			
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)			
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)			
<u>CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:</u>					
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma \iota \lambda \epsilon$					
Coefficiente di forma					
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$	0.55	(-)			
Cedimento del palo					
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma \iota \lambda \epsilon =$	1.65	(mm)			
<u>CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:</u>					
$\delta \pi = P \sigma \cdot \delta = v \cdot P \gamma \cdot \delta$					
Coefficiente di Gruppo					
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)					
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R	=	0.460		
Cedimento della palificata					
$\delta \pi = v \cdot P \gamma \cdot \delta =$	1	*	1.70	*	1.65 = 3.22 (mm)

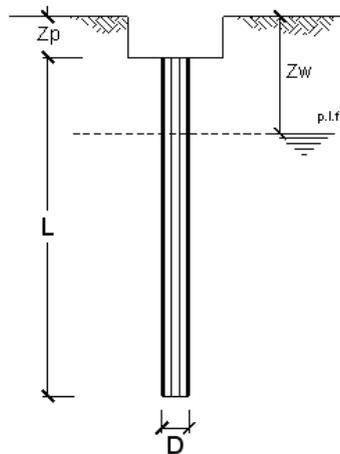
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: **Gru STS I** **SG6** **SISMA OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (Z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (Z_u): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5504.53** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **13284.5** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **47.20** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz	
		γ _G	γ _Q				
S.U.	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	Cu med (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	φ' min (°)	Cu min (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

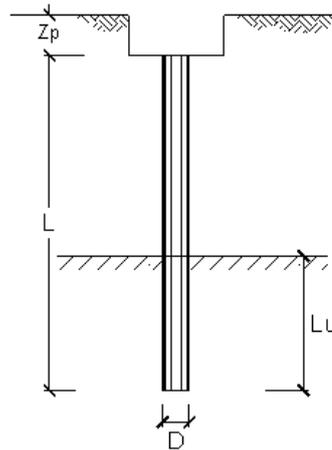
RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	18.70	mare	0.0					0.0				
2	23.60	sedimenti fini	0.0					0.0				
3	2.90	flysch alterato	127.8					69.9				
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	258832.5	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE	CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot g_g + N_q \cdot g_q$	base	$R_b; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	base	$R_b; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 18789.0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_s; \text{cal med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_s; \text{cal min} = .0 \text{ (kN)}$
	totale	$R_c; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	totale	$R_c; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>		
$R_{b,k} = \text{Min}(R_b, \text{cal med}/x_3 ; R_b, \text{cal min}/x_4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/g_b + R_{s,k}/g_s$	$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_s, \text{cal med}/x_3 ; R_s, \text{cal min}/x_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66691.2 \text{ (kN)}$	$F_s = 3.55$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$	= 90033.1 (kN)			

<u>CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA</u>	
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste
DATI DI IMPUT:	
Diametro del Palo (D):	1.80 (m)
Carico sul palo (P):	18789.0 (kN)
Lunghezza del Palo (L):	47.20 (m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00 (m)
Modulo di Deformazione (E):	3100.00 (MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1 (-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0 (m)
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:	
$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$	
Coefficiente di forma	
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D):$	0.55 (-)
Cedimento del palo	
$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$	= 1.65 (mm)
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:	
$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$	
Coefficiente di Gruppo	
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)	
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R = 0.460
Cedimento della palificata	
$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta =$	1 * 1.70 * 1.65 = 2.81 (mm)



CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Imp. di depurazione **SG5** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

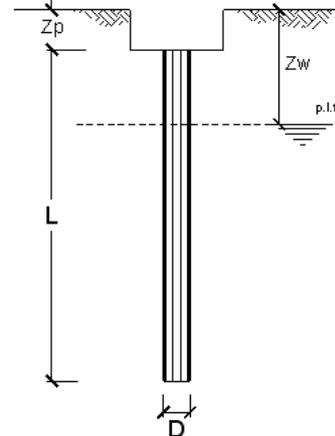
Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)

Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)

Carico Assiale Permanente (G): **5612.39** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **5763.4** (kN)

Numero di strati **4** L_{palo} = **40.00** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' med (kPa)	φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.20	mare	0.00			
2	18.50	sedimenti fini	18.30			
3	1.30	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' min (kPa)	φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.20	mare	0.00			
2	18.50	sedimenti fini	17.80			
3	1.30	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	18.20	mare	0.0					0.0				
2	18.50	sedimenti fini	0.0					0.0				
3	1.30	flysch alterato	-45.0					-64.7				
4	2.00	flysch integro	0.5	25.29	30.22	103069.7	262280.5	-30.9	21.60	26.84	43030.4	109499.1

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	262280.5 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	109499.1 (kN)
$N_d =$	10548.6 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	262280.5 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	109499.1 (kN)
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90495.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	67033.4 (kN)	$F_s =$	6.35
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90495.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA			
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste		
DATI DI IMPUT:			
Diametro del Palo (D):	1.80	(m)	
Carico sul palo (P):	11375.8	(kN)	
Lunghezza del Palo (L):	40.00	(m)	
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)	
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)	
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)	
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)	
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:			
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot A_{\text{utile}}$			
Coefficiente di forma			
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D):$	0.55	(-)	
Cedimento del palo			
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot A_{\text{utile}} =$	1.00	(mm)	
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:			
$\delta\pi = P\sigma \cdot \delta = v \cdot P\gamma \cdot \delta$			
Coefficiente di Gruppo			
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)			
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R =	0.500	
Cedimento della palificata			
$\delta\pi = v \cdot P\gamma \cdot \delta =$	1	* 1.52	* 1.00 = 1.52 (mm)

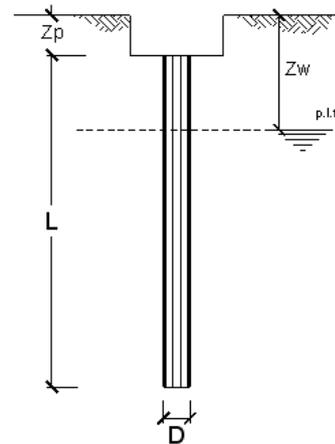
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Imp. di depurazione sud - **SG5** - SISMA **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5612.39** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **4936.24** (kN)
 Numero di strati **4** L_{palo} = **40.00** (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz.
		γ _G	γ _Q			
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	18.20	mare	0.00			
2	18.50	sedimenti fini	18.30			
3	1.30	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

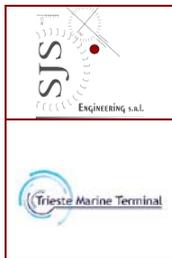
PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	18.20	mare	0.00			
2	18.50	sedimenti fini	17.80			
3	1.30	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)				
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q_{bm} (kN)
1	18.20	mare	0.0				0.0				
2	18.50	sedimenti fini	0.0				0.0				
3	1.30	flysch alterato	-45.0				-64.7				
4	2.00	flysch integro	0.5	25.29	30.22	103069.7	-30.9	21.60	26.84	43030.4	109499.1



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

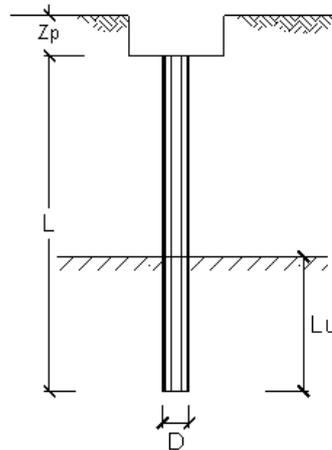
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 262280.5 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 109499.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 10548.6 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 262280.5 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 109499.1 \text{ (kN)}$
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	90495.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 67033.4 \text{ (kN)}$		$F_s = 6.35$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	90495.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)
 Carico sul palo (P): 10548.6 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 40.00 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 3100.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$
 Coefficiente di forma
 $\beta = 0.5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.55 \text{ (-)}$
 Cedimento del palo
 $\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 0.93 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$
 Coefficiente di Gruppo
 $R_g = 0.5 / R + 0.13 / R^2$ (Viggiani, 1999)
 $R = (n \cdot s / L)^{0.5}$ $R = 0.500$
 Cedimento della palificata
 $\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.52 \cdot 0.93 = 1.41 \text{ (mm)}$

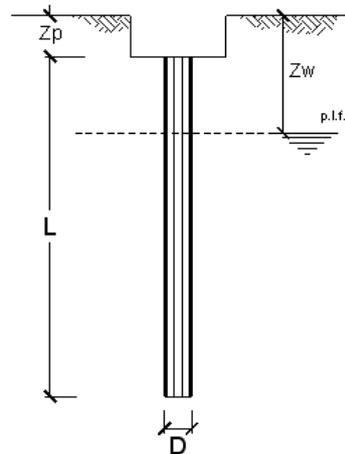
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: gru trastainer | **SG6** | **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) | Area del Palo (Ap): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) | Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5504.53** (kN) | Carico Assiale variabile (Q): **7808.8** (kN)
 Numero di strati **4** | Lpalo = **47.20** (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ ₀	γ _s	γ _s traz
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			○	○	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	Φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	Φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	18.70	mare	0.0					0.0					
2	23.60	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	2.90	flysch alterato	127.8					69.9					
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	258832.5	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot g_g + N_q \cdot g_q$		base	$R_b; cal\ med = 258832.5\ (kN)$	base	$R_b; cal\ min = 108940.1\ (kN)$
$N_d = 18869.1\ (kN)$		laterale	$R_s; cal\ med = .0\ (kN)$	laterale	$R_s; cal\ min = .0\ (kN)$
		totale	$R_c; cal\ med = 258832.5\ (kN)$	totale	$R_c; cal\ min = 108940.1\ (kN)$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_b, cal\ med/x3 ; R_b, cal\ min/x4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/g_b + R_{sk}/g_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_s, cal\ med/x3 ; R_s, cal\ min/x4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66691.2\ (kN)$		$F_s = 3.53$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$	= 90033.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA					
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste				
DATI DI IMPUT:					
Diametro del Palo (D):	1.80	(m)			
Carico sul palo (P):	0.0	(kN)			
Lunghezza del Palo (L):	47.20	(m)			
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	0.00	(m)			
Modulo di Deformazione (E):	3100.00	(MPa)			
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)			
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)			
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:					
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma \tau \lambda \varepsilon$					
Coefficiente di forma					
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$	0.55	(-)			
Cedimento del palo					
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \sigma \tau \lambda \varepsilon$	=	1.17	(mm)		
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:					
$\delta \pi = P \sigma \cdot \delta = v \cdot P \gamma \cdot \delta$					
Coefficiente di Gruppo					
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)					
$R = (n \cdot s / L) 0,5$	R	=	0.460		
Cedimento della palificata					
$\delta \pi = v \cdot P \gamma \cdot \delta =$	1	*	1.70	*	1.17 = 1.99 (mm)

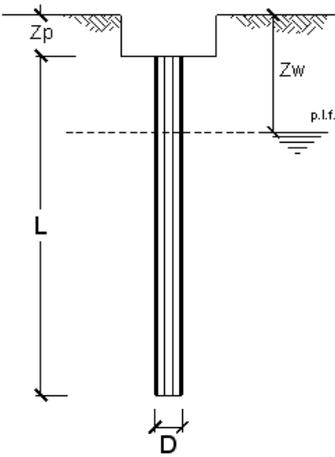
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: **gru trasterain** **SG6** **SISMA OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **1.80** (m) Area del Palo (A_p): **2.545** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **0.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **0.00** (m)
 Carico Assiale Permanente (G): **5504.53** (kN) Carico Assiale variabile (Q): **6566.3** (kN)
 Numero di strati **4** Lpalo = **47.20** (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ	C' med	φ' med	C _u med
(-)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	18.30			
3	2.90	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	2.00	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ	C' min	φ' min	C _u min
(-)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)
1	18.70	mare	0.00			
2	23.60	sedimenti fini	17.80			
3	2.90	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	2.00	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q _{si}	N _q	N _c	q _b	Q _{bm}	Q _{si}	N _q	N _c	q _b	Q _{bm}
(-)	(m)		(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1	18.70	mare	0.0					0.0				
2	23.60	sedimenti fini	0.0					0.0				
3	2.90	flysch alterato	127.8					69.9				
4	2.00	flysch integro	192.5	24.65	29.41	101714.7	258832.5	152.4	20.95	26.00	42810.7	108940.1

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot g_g + N_q \cdot g_q$		base	$R_b; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	base	$R_b; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
$N_d = 12070.8 \text{ (kN)}$		laterale	$R_s; \text{cal med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_s; \text{cal min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_c; \text{cal med} = 258832.5 \text{ (kN)}$	totale	$R_c; \text{cal min} = 108940.1 \text{ (kN)}$
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_b, \text{cal med}/x_3 ; R_b, \text{cal min}/x_4) =$	90033.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{bk}/g_b + R_{sk}/g_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_s, \text{cal med}/x_3 ; R_s, \text{cal min}/x_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 66691.2 \text{ (kN)}$		$F_s = 5.52$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$	= 90033.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA	
OPERA:	ampliamento molo VII Trieste
DATI DI IMPUT:	
Diametro del Palo (D):	1.80 (m)
Carico sul palo (P):	12070.8 (kN)
Lunghezza del Palo (L):	47.20 (m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00 (m)
Modulo di Deformazione (E):	3100.00 (MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1 (-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0 (m)
CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:	
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \nu \tau \iota \lambda \epsilon$	
Coefficiente di forma	
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D):$	0.55 (-)
Cedimento del palo	
$\delta = \beta \cdot \Pi / E \cdot \Lambda \nu \tau \iota \lambda \epsilon$	= 1.06 (mm)
CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:	
$\delta \pi = P \sigma \cdot \delta = \nu \cdot P \gamma \cdot \delta$	
Coefficiente di Gruppo	
$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)	
$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$	R = 0.460
Cedimento della palificata	
$\delta \pi = \nu \cdot P \gamma \cdot \delta = 1 \cdot 1.70 \cdot 1.06$	= 1.81 (mm)

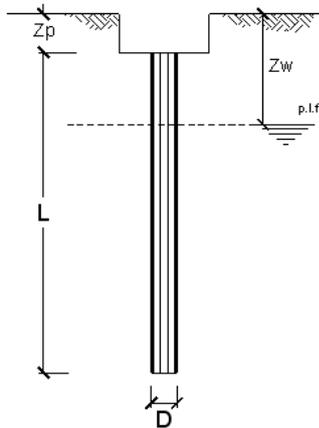
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Gru trastainer **SG3** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m) Area del Palo (Ap): 2.545 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): 0.00 (m) Quota falda dal p.c. (z_f): 0.00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 4756.93 (kN) Carico Assiale variabile (Q): 7808 (kN)
 Numero di strati 3  L_{palo} = 35.45 (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
γ _s	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
γ _s	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradesso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	17.65	mare	0.0					0.0					
2	15.80	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	2.00	flysch alterato	-111.9	13.82	19.36	48112.5	122431.3	-137.3	11.90	17.31	18694.2	47571.0	

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

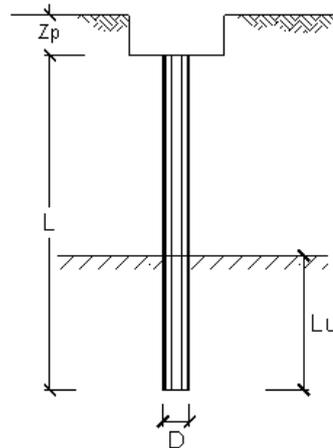
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
$N_d =$	17896.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39314.8 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	29122.1 (kN)	$F_s =$	1.63
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39314.8 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 1.80 (m)
 Carico sul palo (P): 12564.9 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 35.45 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 2.00 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 1600.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 0.55 (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 2.14 \text{ (mm)}$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.531$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.40 \cdot 2.14 = 3.00 \text{ (mm)}$$

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: Gru trastainer **SG3** **SISMA** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

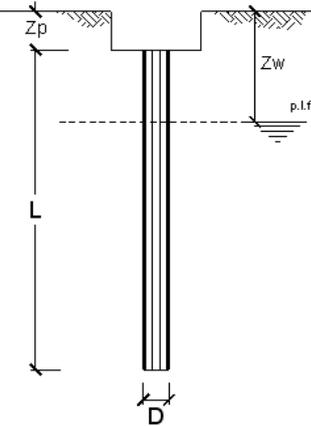
Diametro del Palo (D): 1.80 (m) Area del Palo (Ap): 2.545 (m²)

Quota testa Palo dal p.c. (z_p): 0.00 (m) Quota falda dal p.c. (z_q): 0.00 (m)

Carico Assiale Permanente (G): 4756.93 (kN) Carico Assiale variabile (Q): 6522.3 (kN)

Numero di strati 3  Lpalo = 35.45 (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI						
Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C _{u med} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	18.30			
3	2.00	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)						
Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C _{u min} (kPa)
1	17.65	mare	0.00			
2	15.80	sedimenti fini	17.80			
3	2.00	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	17.65	mare	0.0					0.0				
2	15.80	sedimenti fini	0.0					0.0				
3	2.00	flysch alterato	-111.9	13.82	19.36	48112.5	122431.3	-137.3	11.90	17.31	18694.2	47571.0

	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 6

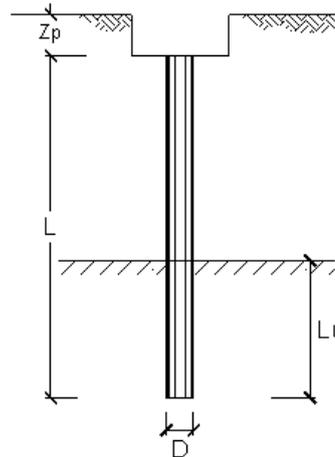
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base $R_{b,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	base $R_{b,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
$N_d =$	11279.2 (kN)	laterale $R_{s,cal\ med} =$	.0 (kN)	laterale $R_{s,cal\ min} =$	.0 (kN)
		totale $R_{c,cal\ med} =$	122431.3 (kN)	totale $R_{c,cal\ min} =$	47571.0 (kN)
<u>CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA</u>		<u>CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO</u>			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	39314.8 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} =$	29122.1 (kN)	$F_s =$	2.58
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	39314.8 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.80	(m)
Carico sul palo (P):	11279.2	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	35.45	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	2.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	1620.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	10.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 0.55 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = \quad 1.90 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = \quad 0.531$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = \quad 1 \quad * \quad 1.40 \quad * \quad 1.90 \quad = \quad 2.66 \quad (\text{mm})$$

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

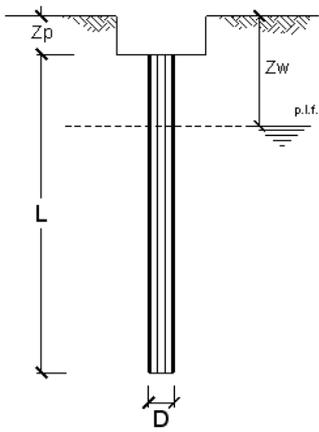
CANTIERE: riqualificazione - gru STS-SG7

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 2.00 (m) Area del Palo (A_p): 3.142 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): 0.00 (m) Quota falda dal p.c. (z_m): 0.00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 5910.43 (kN) Carico Assiale variabile (Q): 16034.5 (kN)
 Numero di strati 4  L_{palo} = 43.40 (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30	



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	C _u med (kPa)
1	18.50	mare	0.00			
2	20.90	sedimenti fini	18.30			
3	2.60	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5	
4	1.40	flysch integro	23.00	3400.0	38.8	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

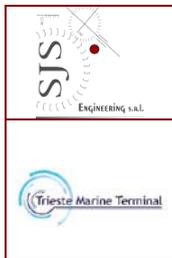
PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' min (kPa)	φ' min (°)	C _u min (kPa)
1	18.50	mare	0.00			
2	20.90	sedimenti fini	17.80			
3	2.60	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2	
4	1.40	flysch integro	23.00	1600.0	37.5	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)						
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	18.50	mare	0.0						0.0				
2	20.90	sedimenti fini	0.0						0.0				
3	2.60	flysch alterato	19.7						-30.7				
4	1.40	flysch integro	76.0	25.38	30.32	104055.9	326901.3		48.4	21.68	26.95	43716.7	137339.9



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

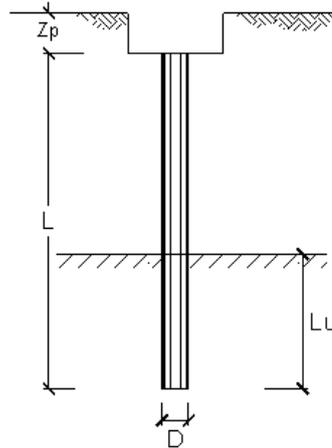
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 326901.3 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 137339.9 \text{ (kN)}$
$N_d = 31735.3 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 326901.3 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 137339.9 \text{ (kN)}$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	113504.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 84077.1 \text{ (kN)}$		$F_s = 2.65$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	113504.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): 2.00 (m)
 Carico sul palo (P): 21944.9 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 43.40 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 1.40 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 3100.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 0.35 \text{ (-)}$

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 1.74 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.480$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.61 \cdot 1.74 = 2.80 \text{ (mm)}$

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: riqualificazione - gru STS **SG7** **OPERA:** ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

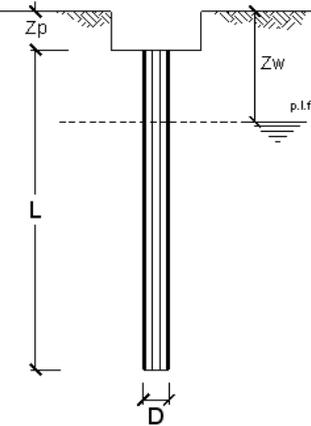
Diametro del Palo (D): 2.00 (m) Area del Palo (Ap): 3.142 (m²)

Quota testa Palo dal p.c. (z_p): 0.00 (m) Quota falda dal p.c. (z_f): 0.00 (m)

Carico Assiale Permanente (G): 5910.43 (kN) Carico Assiale variabile (Q): 13182.2 (kN)

Numero di strati 4  L_{palo} = 43.40 (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s traz
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15
	SISMA	●	1.00	1.00	1.35	1.15
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI					
Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno		
			γ (kN/m ³)	C _{med} (kPa)	φ _{med} (°)	C_{u med} (kPa)
1	18.50	mare	0.00		
2	20.90	sedimenti fini	18.30		
3	2.60	flysch alterato	22.00	2500.0	33.5
4	1.40	flysch integro	23.00	3400.0	38.8

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.45	0.66		
0.37	0.80		

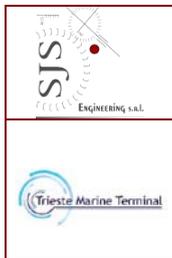
(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)					
Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno		
			γ (kN/m ³)	C _{min} (kPa)	φ _{min} (°)	C_{u min} (kPa)
1	18.50	mare	0.00		
2	20.90	sedimenti fini	17.80		
3	2.60	flysch alterato	22.00	1100.0	32.2
4	1.40	flysch integro	23.00	1600.0	37.5

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.47	0.63		
0.39	0.77		

RISULTATI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	18.50	mare	0.0					0.0					
2	20.90	sedimenti fini	0.0					0.0					
3	2.60	flysch alterato	19.7					-30.7					
4	1.40	flysch integro	76.0	25.38	30.32	104055.9	326901.3	48.4	21.68	26.95	43716.7	137339.9	



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 6

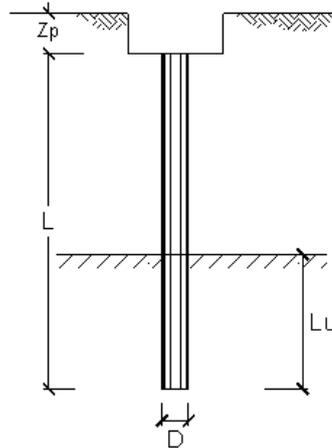
CARICO ASSIALE AGENTE		CAPACITA' PORTANTE MEDIA		CAPACITA' PORTANTE MINIMA	
$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$		base	$R_{b,cal\ med} = 326901.3 \text{ (kN)}$	base	$R_{b,cal\ min} = 137339.9 \text{ (kN)}$
$N_d = 19092.7 \text{ (kN)}$		laterale	$R_{s,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$	laterale	$R_{s,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$
		totale	$R_{c,cal\ med} = 326901.3 \text{ (kN)}$	totale	$R_{c,cal\ min} = 137339.9 \text{ (kN)}$
CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA		CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO			
$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) =$	113504.1 (kN)	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$		$F_s = R_{c,d} / N_d$	
$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) =$	.0 (kN)	$R_{c,d} = 84077.1 \text{ (kN)}$		$F_s = 4.40$	
$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} =$	113504.1 (kN)				

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: ampliamento molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 2.00 (m)
 Carico sul palo (P): 19092.7 (kN)
 Lunghezza del Palo (L): 43.40 (m)
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): 1.40 (m)
 Modulo di Deformazione (E): 3100.00 (MPa)
 Numero di pali della Palificata (n): 1 (-)
 Spaziatura dei pali (s): 10.0 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$

Coefficiente di forma

$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 0.35 \text{ (-)}$

Cedimento del palo

$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 1.52 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$ (Viggiani, 1999)

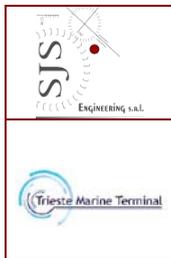
$R = (n \cdot s / L)^{0.5} \quad R = 0.480$

Cedimento della palificata

$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 1 \cdot 1.61 \cdot 1.52 = 2.44 \text{ (mm)}$

	PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 7

**ALLEGATO 7 - DETTAGLIO DEI CALCOLI DI STIMA DEI COEFFICIENTI DI
WINKLER**



**PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

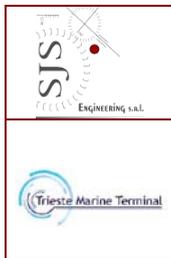
Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 7

REPORT DI CALCOLO COEFFICIENTI DI WINKLER LATO MARE

PARAMETRI DI CALCOLO		
Diametro del palo =	1.8	m
Cm	1.5	Contributo dovuto ai lati del palo per $D \geq 1,2$ m
Fw1	1.3	Coefficiente forma per termini di N_c e N_γ (fondazione circolare)
Fw2	2.0	Coefficiente forma per N_q
C	40	Coefficiente moltiplicativo per spostamento pari a 2,54 cm
μ	1.5	Coefficiente moltiplicativo k verticale

LATO MARE - Valori minimi													
	Profondità dal fondale marino	Parametri Geotecnici			Capacità Portante			Orizzontale			Verticale	Orizz.med	Vert. medio
		c' / c _u kPa	ϕ' °	γ_{nat} / γ' kN/mc	N _c	N _q	N γ	As MN/mc	BZ ⁿ MN/mc	kh MN/mc	kv MN/mc	kh MN/mc	kv MN/mc
<i>sedimenti fini</i>	1.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	2.1	6.6	9.9	10.9	16.3
	2.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.0	7.5	11.2		
	3.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.7	8.1	12.2		
	3.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.7	8.1	12.2		
	4.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	4.3	8.7	13.1		
	5.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	4.8	9.2	13.8		
	6.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	5.2	9.7	14.5		
	7.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	5.7	10.1	15.2		
	8.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.0	10.5	15.7		
	9.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.4	10.9	16.3		
	9.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.4	10.9	16.3		
	10.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.8	11.2	16.8		
	11.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.1	11.5	17.3		
	12.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.4	11.8	17.8		
	13.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.7	12.2	18.2		
	14.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.0	12.4	18.7		
	15.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.3	12.7	19.1		
	16.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.5	13.0	19.5		
17.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.8	13.3	19.9			
18.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	9.1	13.5	20.3			
19.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	9.3	13.8	20.6			
20.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	9.6	14.0	21.0			
<i>flysch alterato</i>	21.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	156.6	3279.5	4919.3	3283.2	4924.8
	22.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	160.3	3283.2	4924.8		
	23.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	163.9	3286.8	4930.2		
<i>flysch integro</i>	24.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	350.1	7703.9	11555.8	7759.9	11639.8
	25.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	357.3	7711.1	11566.7		
	26.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	364.4	7718.2	11577.3		
	27.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	371.3	7725.1	11587.7		
	28.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	378.2	7731.9	11597.9		
	29.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	384.9	7738.6	11608.0		
	30.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	391.4	7745.2	11617.8		
	31.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	397.9	7751.7	11627.5		
	32.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	404.3	7758.1	11637.1		
	33.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	410.5	7764.3	11646.5		
	34.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	416.7	7770.5	11655.7		
	35.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	422.8	7776.6	11664.9		
	36.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	428.8	7782.6	11673.9		
	37.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	434.7	7788.5	11682.7		
	38.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	440.5	7794.3	11691.5		
	39.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	446.3	7800.1	11700.1		
	40.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	452.0	7805.8	11708.7		
	41.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	457.6	7811.4	11717.1		



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

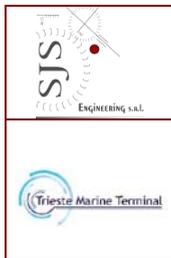
Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 7

REPORT DI CALCOLO COEFFICIENTI DI WINKLER LATO MARE

PARAMETRI DI CALCOLO		
Diametro del palo =	1.8	m
Cm	1.5	Contributo dovuto ai lati del palo per $D \geq 1,2$ m
Fw1	1.3	Coefficiente forma per termini di N_c e N_γ (fondazione circolare)
Fw2	2.0	Coefficiente forma per N_q
C	40	Coefficiente moltiplicativo per spostamento pari a 2,54 cm
μ	1.5	Coefficiente moltiplicativo k verticale

LATO MARE - Valori medi													
	Profondità dal fondale marino	Parametri Geotecnici			Capacità Portante			Orizzontale			Verticale	Orizz.med	Vert. medio
		c' / c_u kPa	f' °	g_{nat} / g' kN/mc	N_c	N_q	N_g	A_s MN/mc	BZ^n MN/mc	kh MN/mc	k_v MN/mc	kh MN/mc	k_v MN/mc
<i>sedimenti fini</i>	1.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	2.2	8.2	12.4	12.8	19.1
	2.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	3.2	9.2	13.8		
	3.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	3.9	9.9	14.8		
	3.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	3.9	9.9	14.8		
	4.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	4.5	10.5	15.7		
	5.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	5.0	11.0	16.5		
	6.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	5.5	11.5	17.2		
	7.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	5.9	11.9	17.9		
	8.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	6.3	12.3	18.5		
	9.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	6.7	12.7	19.1		
	9.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	6.7	12.7	19.1		
	10.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	7.1	13.1	19.6		
	11.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	7.4	13.4	20.1		
	12.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	7.7	13.8	20.6		
	13.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	8.1	14.1	21.1		
	14.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	8.4	14.4	21.6		
	15.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	8.7	14.7	22.0		
16.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	8.9	15.0	22.4			
17.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	9.2	15.2	22.8			
18.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	9.5	15.5	23.2			
19.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	9.7	15.8	23.6			
20.0	15.0		18.6	5.1	1.0	0.0	6.0	10.0	16.0	24.0			
<i>flysch alterato</i>	21.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	182.8	8083.2	12124.8	8087.5	12131.2
	22.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	187.1	8087.5	12131.3		
	23.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	191.3	8091.7	12137.6		
<i>flysch integro</i>	24.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	416.2	18131.9	27197.8	18198.4	27297.6
	25.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	424.8	18140.4	27210.7		
	26.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	433.2	18148.9	27223.3		
	27.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	441.5	18157.1	27235.7		
	28.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	449.6	18165.2	27247.8		
	29.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	457.5	18173.2	27259.7		
	30.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	465.4	18181.0	27271.5		
	31.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	473.0	18188.7	27283.0		
	32.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	480.6	18196.2	27294.4		
	33.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	488.1	18203.7	27305.5		
	34.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	495.4	18211.0	27316.6		
	35.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	502.6	18218.3	27327.4		
	36.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	509.8	18225.4	27338.1		
	37.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	516.8	18232.4	27348.6		
	38.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	523.7	18239.4	27359.1		
	39.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	530.6	18246.2	27369.3		
	40.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	537.3	18253.0	27379.5		
41.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	544.0	18259.6	27389.5			



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

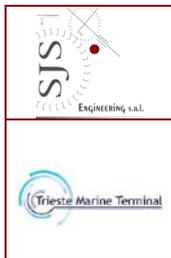
Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 7

REPORT DI CALCOLO COEFFICIENTI DI WINKLER LATO TERRA

PARAMETRI DI CALCOLO		
Diametro del palo =	1.8	m
Cm	1.5	Contributo dovuto ai lati del palo per $D \geq 1,2$ m
Fw1	1.3	Coefficiente forma per termini di N_c e N_γ (fondazione circolare)
Fw2	2.0	Coefficiente forma per N_q
C	40	Coefficiente moltiplicativo per spostamento pari a 2,54 cm
μ	1.5	Coefficiente moltiplicativo k verticale

LATO MARE - Valori minimi													
	Profondità dal fondale marino	Parametri Geotecnici			Capacità Portante			Orizzontale			Verticale	Orizz.med	Vert. medio
		c' / c _u kPa	ϕ' °	γ_{nat} / γ' kN/mc	N _c	N _q	N _γ	As MN/mc	BZ ⁿ MN/mc	kh MN/mc	kv MN/mc	kh MN/mc	kv MN/mc
sedimenti fini	1.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	2.1	6.6	9.9	10.4	15.7
	2.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.0	7.5	11.2		
	3.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.7	8.1	12.2		
	3.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	3.7	8.1	12.2		
	4.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	4.3	8.7	13.1		
	5.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	4.8	9.2	13.8		
	6.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	5.2	9.7	14.5		
	7.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	5.7	10.1	15.2		
	8.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.0	10.5	15.7		
	9.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.4	10.9	16.3		
	9.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.4	10.9	16.3		
	10.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	6.8	11.2	16.8		
	11.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.1	11.5	17.3		
	12.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.4	11.8	17.8		
13.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	7.7	12.2	18.2			
14.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.0	12.4	18.7			
15.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.3	12.7	19.1			
16.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.5	13.0	19.5			
17.0	11.1		17.8	5.1	1.0	0.0	4.5	8.8	13.3	19.9			
flysch alterato	18.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	145.0	3267.9	4901.9	3275.7	4913.5
	19.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	148.9	3271.9	4907.8		
	20.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	152.8	3275.7	4913.6		
	21.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	156.6	3279.5	4919.3		
	22.0	1100.0	32.2	12.0	36.1	23.7	31.1	3122.9	160.3	3283.2	4924.8		
flysch integro	23.0	1600.0	32.2	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	350.1	7703.9	11555.8	7599.4	11399.1
	24.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	357.3	7711.1	11566.7		
	25.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	364.4	7718.2	11577.3		
	26.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	371.3	7725.1	11587.7		
	27.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	378.2	7731.9	11597.9		
	28.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	384.9	7738.6	11608.0		
	29.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	391.4	7745.2	11617.8		
	30.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	397.9	7751.7	11627.5		
	31.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	404.3	7758.1	11637.1		
	32.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	410.5	7764.3	11646.5		
	33.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	416.7	7770.5	11655.7		
	34.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	422.8	7776.6	11664.9		
	35.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	428.8	7782.6	11673.9		
	36.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	434.7	7788.5	11682.7		
37.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	440.5	7794.3	11691.5			
38.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	446.3	7800.1	11700.1			
39.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	452.0	7805.8	11708.7			
40.0	1600.0	37.5	13.0	58.4	45.8	71.8	7353.8	457.6	7811.4	11717.1			



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

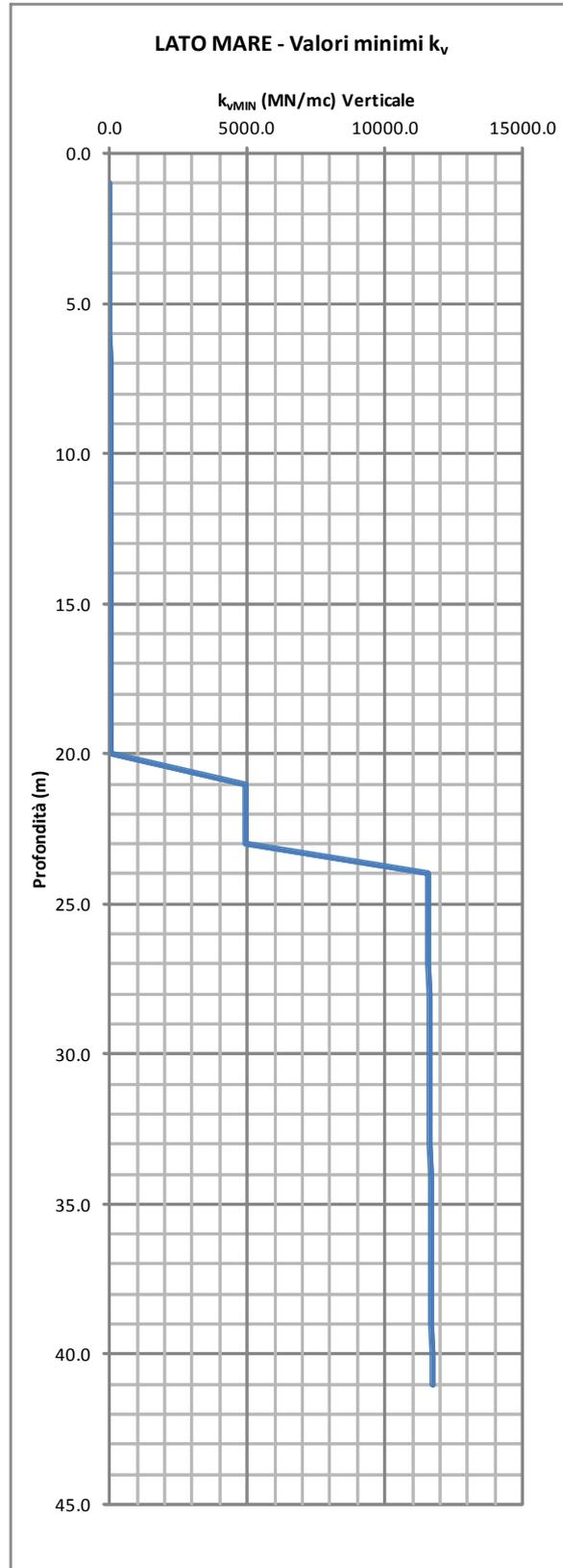
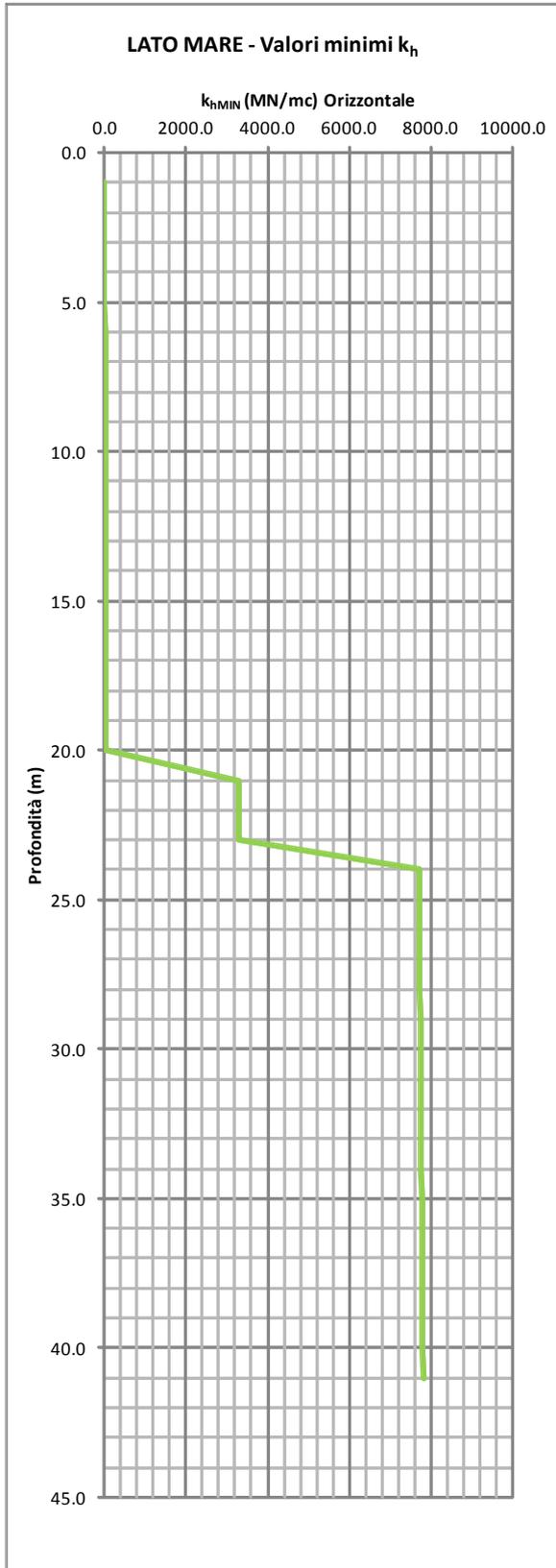
Data **Novembre 2014**

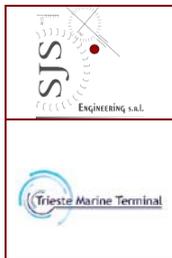
ALLEGATO 7

REPORT DI CALCOLO COEFFICIENTI DI WINKLER LATO TERRA

PARAMETRI DI CALCOLO		
Diametro del palo =	1.8	m
Cm	1.5	Contributo dovuto ai lati del palo per $D \geq 1,2$ m
Fw1	1.3	Coefficiente forma per termini di N_c e N_γ (fondazione circolare)
Fw2	2.0	Coefficiente forma per N_q
C	40	Coefficiente moltiplicativo per spostamento pari a 2,54 cm
μ	1.5	Coefficiente moltiplicativo k verticale

LATO MARE - Valori medi													
	Profondità da ifondale marino	Parametri Geotecnici			Capacità Portante			Orizzontale			Verticale	Orizz.med	Vert. medio
		c' / c_u	φ'	γ_{nat} / γ'	N_c	N_q	N_γ	As	BZ ⁿ	kh	kv	kh	kv
		kPa	°	kN/mc				MN/mc	MN/mc	MN/mc	MN/mc	MN/mc	MN/mc
<i>sedimenti fini</i>	1.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	2.1	8.1	12.2	12.0	18.0
	2.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	3.0	9.0	13.6		
	3.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	3.7	9.7	14.6		
	3.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	3.7	9.7	14.6		
	4.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	4.3	10.3	15.4		
	5.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	4.8	10.8	16.2		
	6.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	5.2	11.2	16.9		
	7.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	5.7	11.7	17.5		
	8.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	6.0	12.1	18.1		
	9.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	6.4	12.4	18.6		
	9.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	6.4	12.4	18.6		
	10.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	6.8	12.8	19.2		
	11.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	7.1	13.1	19.6		
	12.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	7.4	13.4	20.1		
13.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	7.7	13.7	20.6			
14.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	8.0	14.0	21.0			
15.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	8.3	14.3	21.4			
16.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	8.5	14.6	21.8			
17.0	15.0		17.8	5.1	1.0	0.0	6.0	8.8	14.8	22.2			
<i>flysch alterato</i>	18.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	169.3	8069.6	12104.5	8078.7	12118.0
	19.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	173.9	8074.3	12111.4		
	20.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	178.4	8078.8	12118.2		
	21.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	182.8	8083.2	12124.8		
	22.0	2500.0	33.5	12.0	40.4	27.7	38.0	7900.4	187.1	8087.5	12131.3		
<i>flysch integro</i>	23.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	407.5	18123.1	27184.6	18194.5	27291.7
	24.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	416.2	18131.9	27197.8		
	25.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	424.8	18140.4	27210.7		
	26.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	433.2	18148.9	27223.3		
	27.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	441.5	18157.1	27235.7		
	28.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	449.6	18165.2	27247.8		
	29.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	457.5	18173.2	27259.7		
	30.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	465.4	18181.0	27271.5		
	31.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	473.0	18188.7	27283.0		
	32.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	480.6	18196.2	27294.4		
	33.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	488.1	18203.7	27305.5		
	34.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	495.4	18211.0	27316.6		
	35.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	502.6	18218.3	27327.4		
	36.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	509.8	18225.4	27338.1		
37.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	516.8	18232.4	27348.6			
38.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	523.7	18239.4	27359.1			
39.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	530.6	18246.2	27369.3			
40.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	537.3	18253.0	27379.5			
41.0	3400.0	38.8	13.0	66.5	54.5	89.2	17715.6	544.0	18259.6	27389.5			





**PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

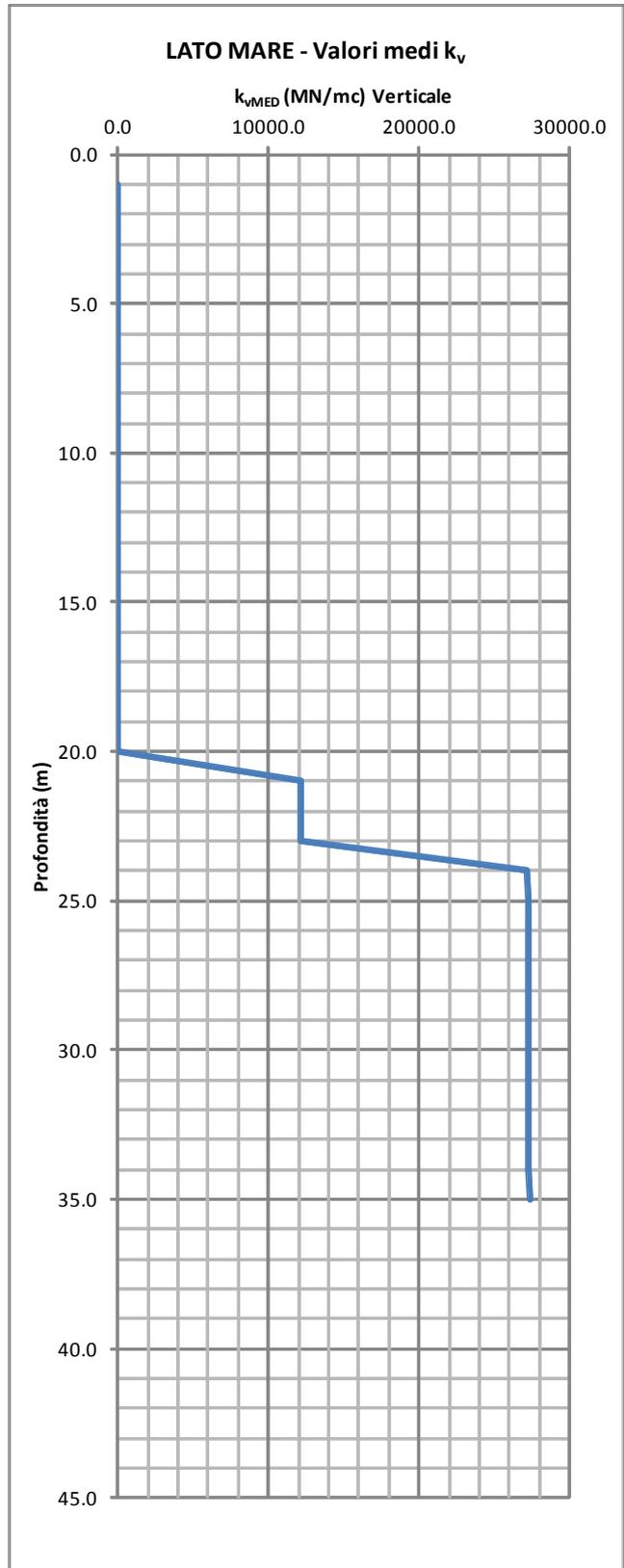
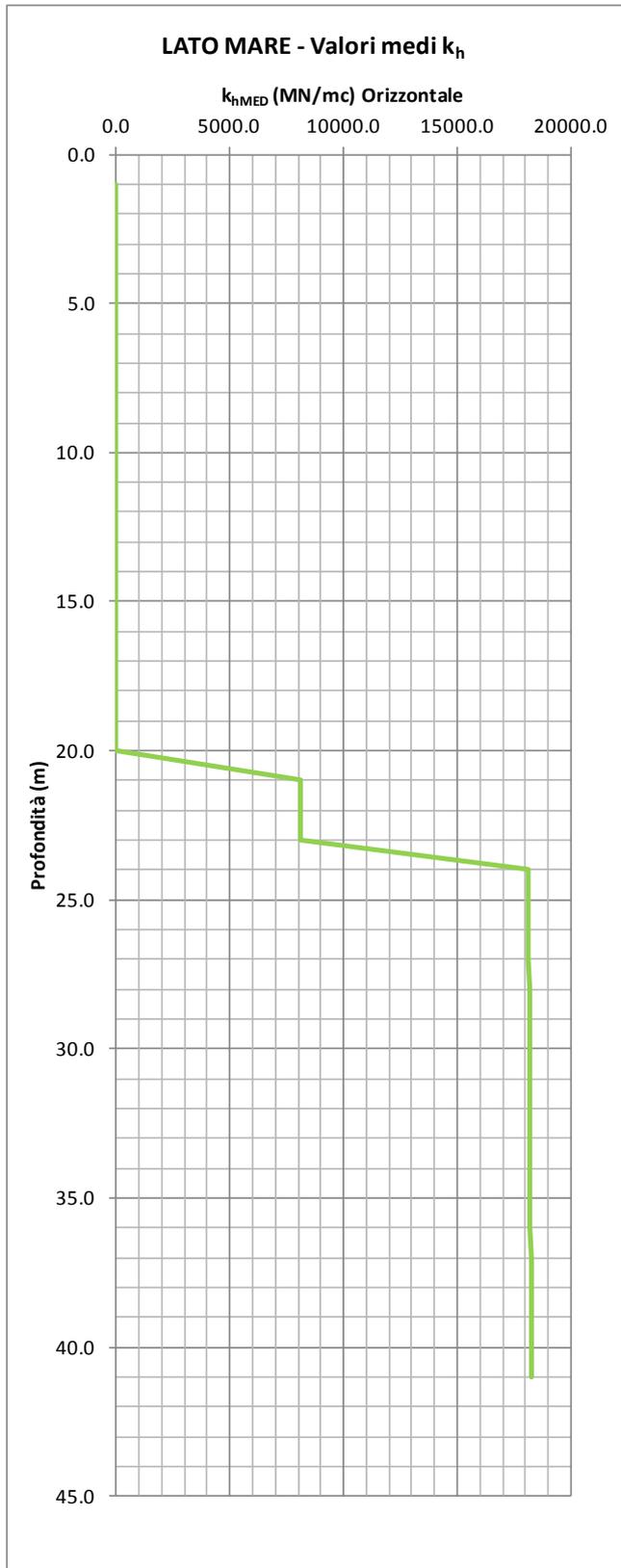
Documento
0129TST01003-00-R00

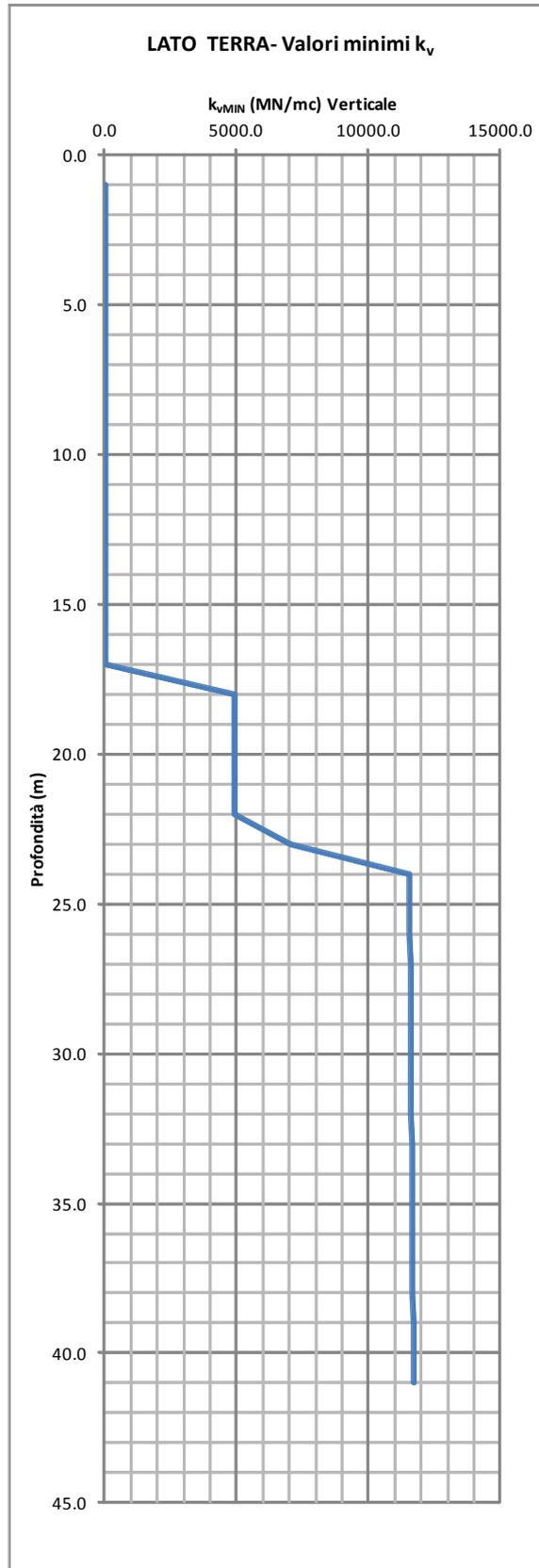
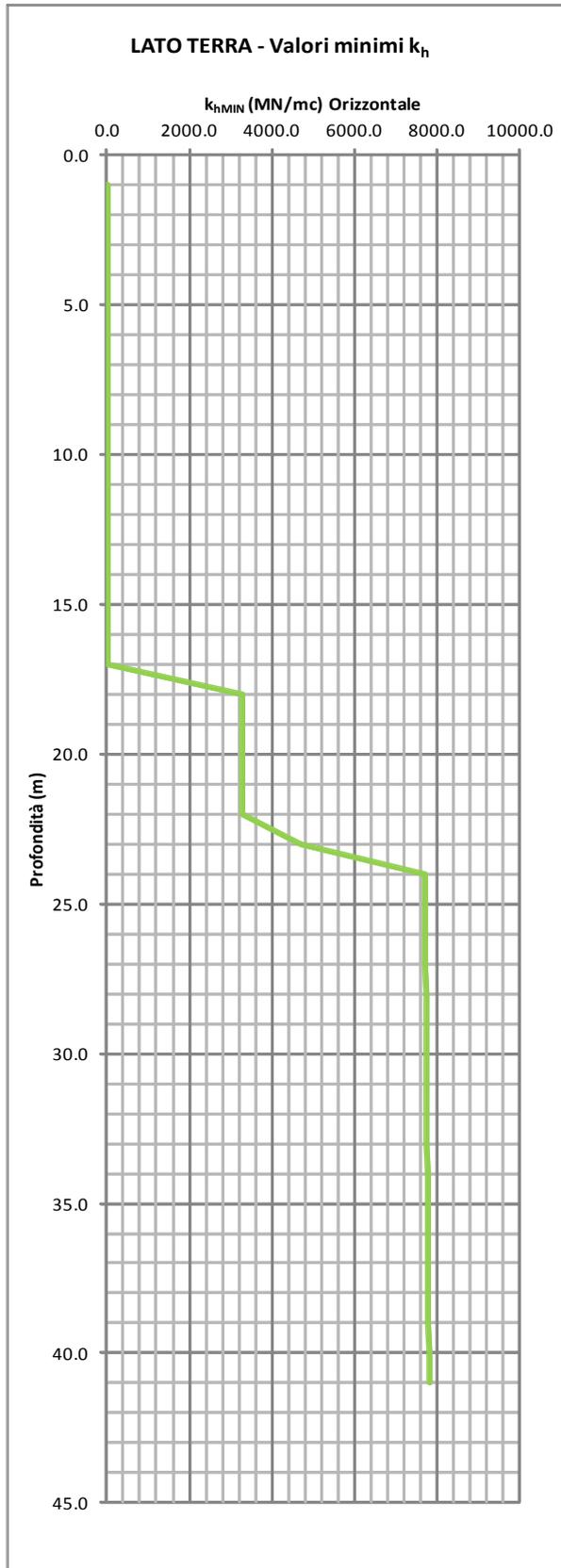
PROGETTO DEFINITIVO

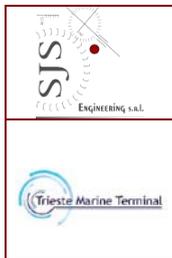
Data **Novembre 2014**

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

ALLEGATO 7







**PORTO DI TRIESTE - TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

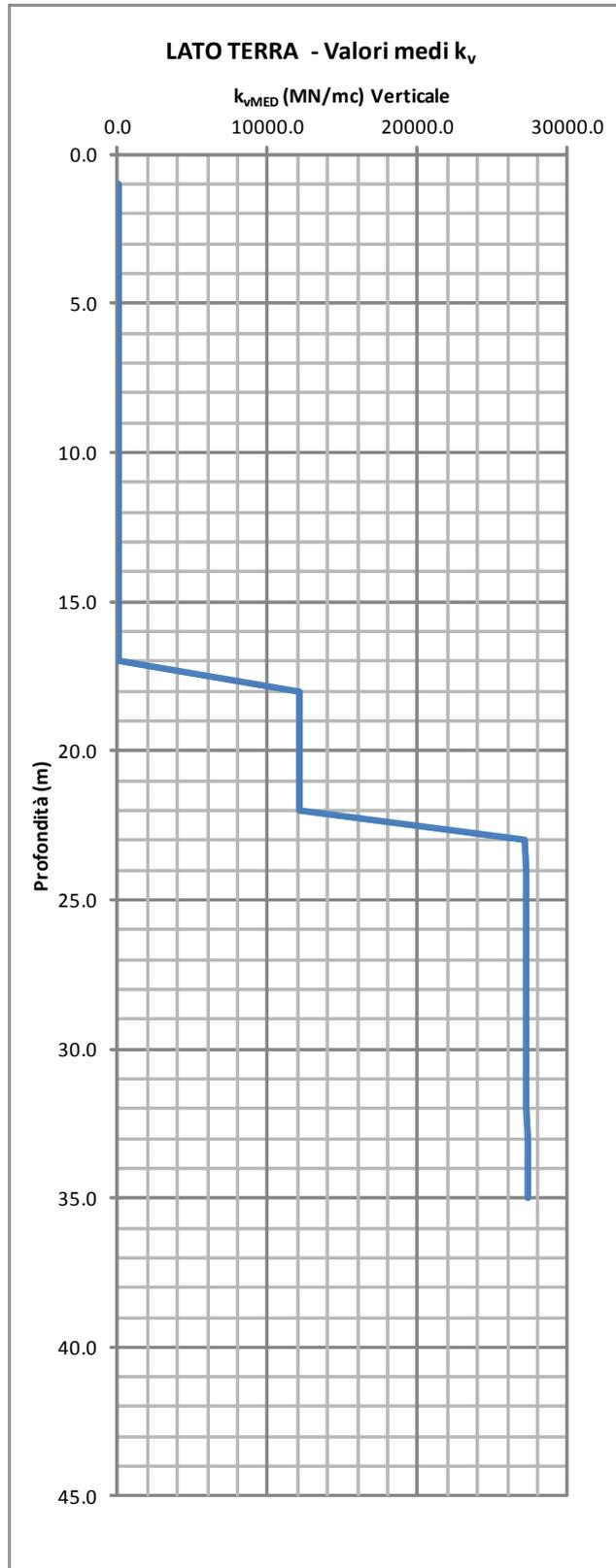
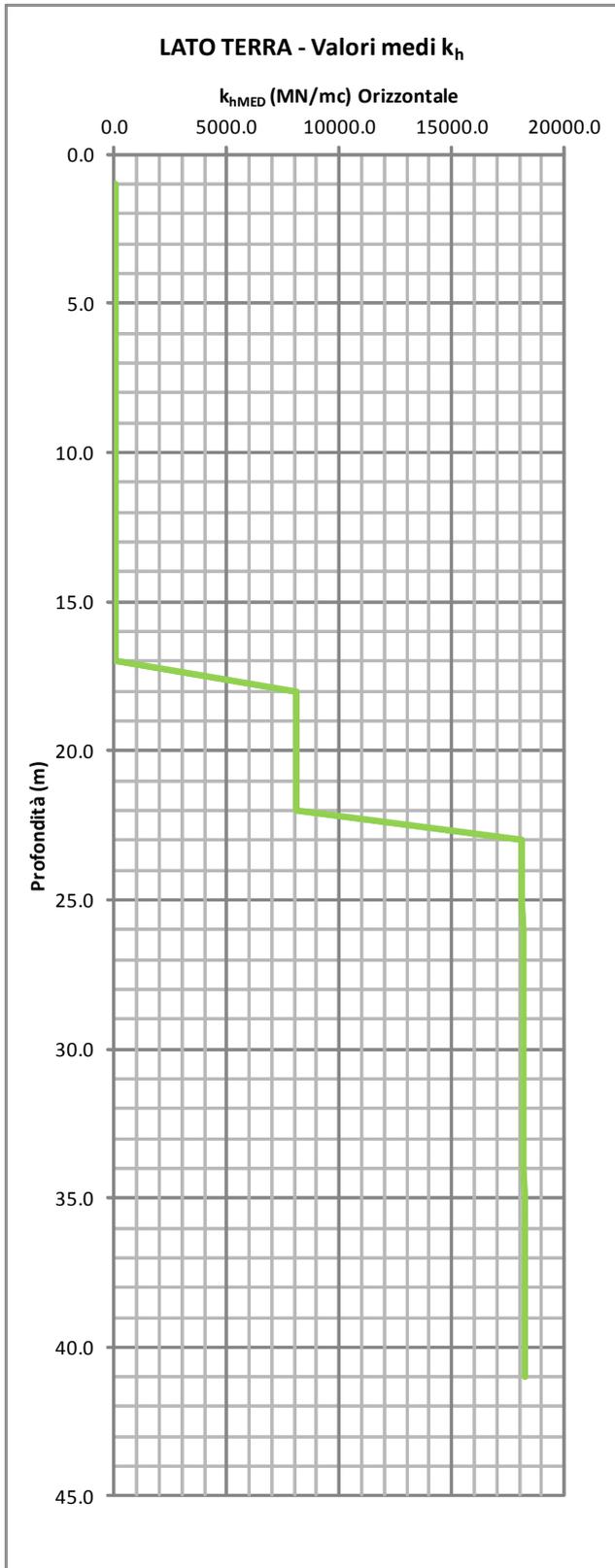
PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

ALLEGATO 7



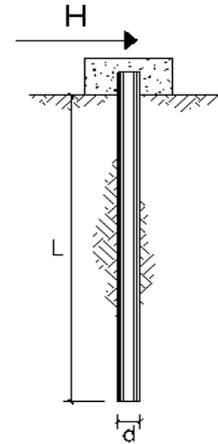
	PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII ALLUNGAMENTO 100m	Documento 0129TST01003-00-R00
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Novembre 2014
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	ALLEGATO 8

ALLEGATO 8 - DETTAGLIO ANALITICO CALCOLAZIONI SVOLTE VERIFICHE A FORZE ORIZZONTALI (RESISTENZA E DEFORMAZIONI)

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: SG6 - molo VII-Trieste

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{eu}	γ_r
			γ_s	γ_n		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			○	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			○	1.30	1.40	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
	○	○	○	○	○	○	●	○	○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4 M_y}{9 c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	47.20	(m)		
Diametro del palo	d =	1.80	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	2845.27	(kN m)		
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	15.00	(kPa)	$c_{u, min} =$	11.10 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	15.00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	11.10 (kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	0	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	86.8	(kN)		

Palo corto:

$H1_{med} = 10813.50$ (kN) $H1_{min} = 8001.99$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 4206.17$ (kN) $H2_{min} = 3134.56$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1131.66$ (kN) $H3_{min} = 1025.20$ (kN)

$H_{med} = 1131.66$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1025.20$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 808.33$ (kN)

$H_d = H_k / \gamma_r = 621.79$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 130.20$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 4.78$

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: **SG6** VII Trieste-SISMA

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{cu}	γ_r
SUU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			○	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			○	1.30	1.50	1.40

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo $L = 47.20$ (m)
 Diametro del palo $d = 1.80$ (m)
 Momento di plasticizzazione della sezione $M_y = 2845.27$ (kN m)
 Coesione non drenata $c_{u, med} = 15.00$ (kPa) $c_{u, min} = 11.10$ (kPa)
 Coesione non drenata di progetto $c_{u, med, d} = 15.00$ (kPa) $c_{u, min, d} = 11.10$ (kPa)
 Carico Assiale Permanente (G): $G = 0$ (kN)
 Carico Assiale variabile (Q): $Q = 392.1922$ (kN)

Palo corto:
 $H1_{med} = 10813.50$ (kN) $H1_{min} = 8001.99$ (kN)

Palo intermedio:
 $H2_{med} = 4206.17$ (kN) $H2_{min} = 3134.56$ (kN)

Palo lungo:
 $H3_{med} = 1131.66$ (kN) $H3_{min} = 1025.20$ (kN)

$H_{med} = 1131.66$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1025.20$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 808.33$ (kN)

$H_d = H_k / \gamma_r = 621.79$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 392.19$ (kN)

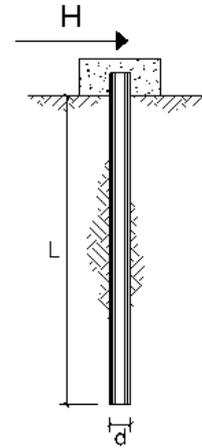
$FS = H_d / F_d = 1.59$

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: riquilificazione- gru STS- SG7-Ampliamento molo VII-Trieste

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{cu}	γ_r
			γ_s	γ_n		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	●	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.40	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	43.40	(m)			
Diametro del palo	d =	1.80	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	2806.11	(kN m)			
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	15.00	(kPa)	$c_{u, min} =$	11.10	(kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	15.00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	11.10	(kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	0	(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	86.8	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 9890.10$ (kN) $H1_{min} = 7318.67$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 3832.10$ (kN) $H2_{min} = 2859.31$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1120.98$ (kN) $H3_{min} = 1015.85$ (kN)

$H_{med} = 1120.98$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1015.85$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 800.70$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_r = 615.92$ (kN)

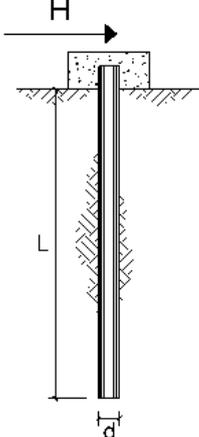
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 130.20$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 4.73$

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: riqualficazione- gru STS -SISMA- SG7-Ampliamento molo VII-Trieste

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti γ_s	variabili γ_n	γ_{cu}	γ_r
S.L.U.	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.40	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo $L = 43.40$ (m)
 Diametro del palo $d = 1.80$ (m)
 Momento di plasticizzazione della sezione $M_y = 2845.27$ (kN m)
 Coesione non drenata $c_{u, med} = 15.00$ (kPa) $c_{u, min} = 11.10$ (kPa)
 Coesione non drenata di progetto $c_{u, med, d} = 15.00$ (kPa) $c_{u, min, d} = 11.10$ (kPa)
 Carico Assiale Permanente (G): $G = 0$ (kN)
 Carico Assiale variabile (Q): $Q = 441.4258$ (kN)

Palo corto:
 $H1_{med} = 9890.10$ (kN) $H1_{min} = 7318.67$ (kN)

Palo intermedio:
 $H2_{med} = 3833.36$ (kN) $H2_{min} = 2860.58$ (kN)

Palo lungo:
 $H3_{med} = 1131.66$ (kN) $H3_{min} = 1025.20$ (kN)

$H_{med} = 1131.66$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1025.20$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 808.33$ (kN)
 $H_d = H_k/\gamma_r = 621.79$ (kN)
 $F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 441.43$ (kN)
 $FS = H_d / F_d = 1.41$



**PORTO DI TRIESTE – TERMINAL CONTAINER MOLO VII
ALLUNGAMENTO 100m**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Documento
0129TST01003-00-R00

Data **Novembre 2014**

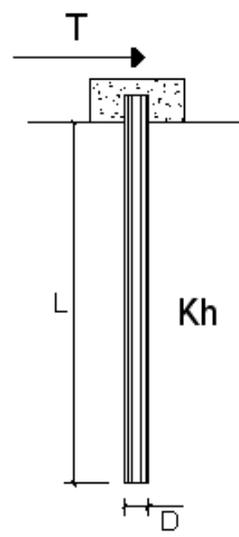
ALLEGATO 8

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: SG6 molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del palo (D):	1.8	(m)
Lunghezza del palo (L)	47.2	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	11	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	86.8	(kN)
fck del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
fcm del calcestruzzo:	38.0	(MPa)
Ecls ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):	32837	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	51529974	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot E \cdot J / k_h \cdot D)^{1/4}$):	764.63	(cm)



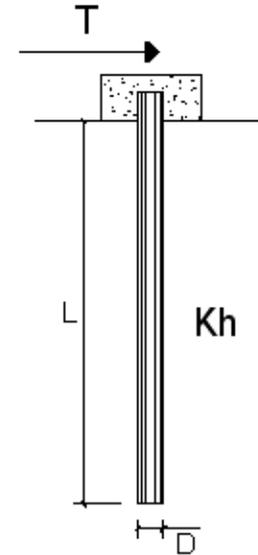
z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)	z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof. (m)	Spost. (cm)	Press. Lat. (N/cm ²)	Rotaz. (rad)	Mom. Flett. (kNm)	Taglio (kN)	Prof. (m)	Spost. (cm)	Press. Lat. (N/cm ²)	Rotaz. (rad)	Mom. Flett. (kNm)	Taglio (kN)
0.00	0.057	0.63	0.00000	331.851	-86.800	26.43	-0.002	-0.03	0.00000	-6.704	2.602
0.94	0.057	0.62	-0.00002	254.957	-76.135	27.38	-0.002	-0.02	0.00000	-4.444	2.190
1.89	0.054	0.60	-0.00003	188.018	-65.752	28.32	-0.002	-0.02	0.00000	-2.559	1.809
2.83	0.051	0.56	-0.00004	130.659	-55.869	29.26	-0.002	-0.02	0.00000	-1.018	1.463
3.78	0.047	0.52	-0.00004	82.330	-46.644	30.21	-0.002	-0.02	0.00000	0.214	1.153
4.72	0.043	0.47	-0.00005	42.356	-38.180	31.15	-0.001	-0.02	0.00000	1.170	0.880
5.66	0.039	0.42	-0.00005	9.987	-30.539	32.10	-0.001	-0.01	0.00000	1.886	0.642
6.61	0.034	0.37	-0.00005	-15.569	-23.747	33.04	-0.001	-0.01	0.00000	2.394	0.440
7.55	0.030	0.33	-0.00005	-35.114	-17.801	33.98	-0.001	-0.01	0.00000	2.726	0.270
8.50	0.025	0.28	-0.00004	-49.436	-12.677	34.93	-0.001	-0.01	0.00000	2.913	0.130
9.44	0.021	0.23	-0.00004	-59.293	-8.332	35.87	-0.001	-0.01	0.00000	2.980	0.017
10.38	0.018	0.19	-0.00004	-65.396	-4.713	36.82	0.000	0.00	0.00000	2.952	-0.072
11.33	0.014	0.16	-0.00003	-68.401	-1.760	37.76	0.000	0.00	0.00000	2.851	-0.139
12.27	0.011	0.12	-0.00003	-68.906	0.596	38.70	0.000	0.00	0.00000	2.695	-0.188
13.22	0.008	0.09	-0.00003	-67.444	2.419	39.65	0.000	0.00	0.00000	2.500	-0.221
14.16	0.006	0.07	-0.00002	-64.485	3.779	40.59	0.000	0.00	0.00000	2.281	-0.241
15.10	0.004	0.05	-0.00002	-60.436	4.739	41.54	0.000	0.00	0.00000	2.048	-0.250
16.05	0.003	0.03	-0.00002	-55.644	5.361	42.48	0.000	0.00	0.00000	1.811	-0.251
16.99	0.001	0.01	-0.00001	-50.401	5.703	43.42	0.000	0.00	0.00000	1.577	-0.244
17.94	0.000	0.00	-0.00001	-44.948	5.817	44.37	0.000	0.00	0.00000	1.352	-0.232
18.88	-0.001	-0.01	-0.00001	-39.477	5.749	45.31	0.000	0.00	0.00000	1.140	-0.217
19.82	-0.001	-0.02	-0.00001	-34.139	5.540	46.26	0.000	0.00	0.00000	0.943	-0.199
20.77	-0.002	-0.02	0.00000	-29.049	5.229	47.20	0.000	0.00	0.00000	0.764	-0.180
21.71	-0.002	-0.02	0.00000	-24.290	4.844						
22.66	-0.002	-0.03	0.00000	-19.918	4.413						
23.60	-0.002	-0.03	0.00000	-15.966	3.958						
24.54	-0.002	-0.03	0.00000	-12.448	3.495						
25.49	-0.002	-0.03	0.00000	-9.365	3.040						

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: SG6 - moloVII Trieste -SISMA

DATI DI INPUT:

Diametro del palo (D):	1.8	(m)
Lunghezza del palo (L)	47.2	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	11	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	392.19	(kN)
f _{ck} del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
f _{cm} del calcestruzzo:	38.0	(MPa)
E _{cls} ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):	32837	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4/64$):	51529974	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$):	764.63	(cm)



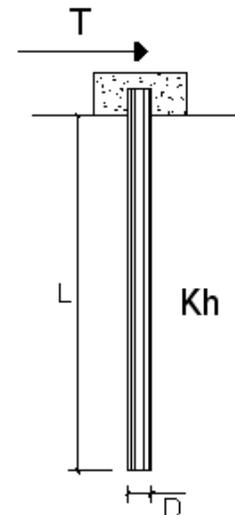
z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)	z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio	Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	0.259	2.85	0.00000	1499.407	-392.190	26.43	-0.010	-0.11	0.00001	-30.289	11.756
0.94	0.255	2.81	-0.00007	1151.979	-344.002	27.38	-0.010	-0.11	0.00001	-20.080	9.895
1.89	0.246	2.70	-0.00013	849.527	-297.089	28.32	-0.009	-0.10	0.00001	-11.564	8.174
2.83	0.231	2.55	-0.00017	590.360	-252.436	29.26	-0.008	-0.09	0.00001	-4.599	6.609
3.78	0.214	2.36	-0.00020	371.992	-210.751	30.21	-0.007	-0.08	0.00001	0.965	5.208
4.72	0.195	2.14	-0.00021	191.378	-172.508	31.15	-0.006	-0.07	0.00001	5.287	3.974
5.66	0.174	1.92	-0.00022	45.125	-137.984	32.10	-0.005	-0.06	0.00001	8.520	2.903
6.61	0.154	1.69	-0.00022	-70.345	-107.296	33.04	-0.004	-0.05	0.00001	10.816	1.988
7.55	0.134	1.47	-0.00021	-158.655	-80.432	33.98	-0.004	-0.04	0.00001	12.319	1.219
8.50	0.114	1.26	-0.00020	-223.369	-57.278	34.93	-0.003	-0.03	0.00001	13.161	0.586
9.44	0.096	1.06	-0.00019	-267.905	-37.647	35.87	-0.002	-0.03	0.00001	13.464	0.076
10.38	0.079	0.87	-0.00017	-295.479	-21.297	36.82	-0.002	-0.02	0.00001	13.338	-0.325
11.33	0.064	0.70	-0.00015	-309.059	-7.950	37.76	-0.001	-0.02	0.00000	12.880	-0.630
12.27	0.050	0.55	-0.00014	-311.341	2.691	38.70	-0.001	-0.01	0.00000	12.175	-0.850
13.22	0.038	0.42	-0.00012	-304.735	10.931	39.65	-0.001	-0.01	0.00000	11.297	-1.000
14.16	0.028	0.31	-0.00010	-291.363	17.074	40.59	0.000	0.00	0.00000	10.306	-1.090
15.10	0.019	0.21	-0.00009	-273.067	21.412	41.54	0.000	0.00	0.00000	9.254	-1.131
16.05	0.011	0.13	-0.00007	-251.417	24.225	42.48	0.000	0.00	0.00000	8.184	-1.132
16.99	0.005	0.06	-0.00006	-227.729	25.769	43.42	0.000	0.00	0.00000	7.126	-1.103
17.94	0.000	0.00	-0.00005	-203.089	26.282	44.37	0.000	0.00	0.00000	6.109	-1.050
18.88	-0.003	-0.04	-0.00004	-178.368	25.974	45.31	0.000	0.00	0.00000	5.149	-0.981
19.82	-0.006	-0.07	-0.00003	-154.249	25.033	46.26	0.000	0.00	0.00000	4.261	-0.900
20.77	-0.009	-0.09	-0.00002	-131.252	23.624	47.20	0.000	0.01	0.00000	3.452	-0.813
21.71	-0.010	-0.11	-0.00001	-109.750	21.887						
22.66	-0.011	-0.12	-0.00001	-89.996	19.940						
23.60	-0.011	-0.12	0.00000	-72.139	17.882						
24.54	-0.011	-0.12	0.00000	-56.245	15.792						
25.49	-0.011	-0.12	0.00000	-42.313	13.734						

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: riqualificazione -gru STS -SG7- molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del palo (D):	1.8	(m)
Lunghezza del palo (L)	43.4	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	11	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	86.8	(kN)
fck del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
fcm del calcestruzzo:	38.0	(MPa)
Ecls ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):	32837	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	51529974	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$):	764.63	(cm)



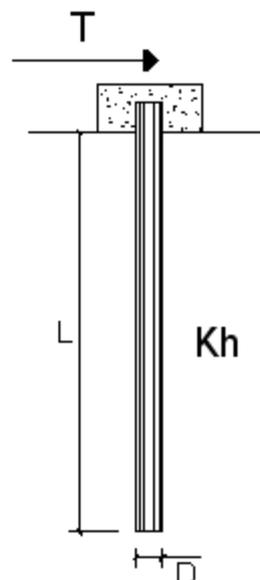
z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)	z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio	Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	0.057	0.63	0.00000	331.851	-86.800	24.30	-0.002	-0.03	0.00000	-13.301	3.613
0.87	0.057	0.62	-0.00002	260.776	-76.987	25.17	-0.002	-0.03	0.00000	-10.349	3.191
1.74	0.055	0.60	-0.00003	198.137	-67.395	26.04	-0.002	-0.03	0.00000	-7.759	2.781
2.60	0.052	0.57	-0.00004	143.663	-58.201	26.91	-0.002	-0.02	0.00000	-5.516	2.391
3.47	0.049	0.54	-0.00004	96.947	-49.536	27.78	-0.002	-0.02	0.00000	-3.602	2.024
4.34	0.045	0.49	-0.00005	57.489	-41.490	28.64	-0.002	-0.02	0.00000	-1.993	1.686
5.21	0.041	0.45	-0.00005	24.723	-34.125	29.51	-0.002	-0.02	0.00000	-0.666	1.378
6.08	0.037	0.40	-0.00005	-1.957	-27.470	30.38	-0.002	-0.02	0.00000	0.407	1.100
6.94	0.032	0.36	-0.00005	-23.173	-21.535	31.25	-0.001	-0.01	0.00000	1.253	0.854
7.81	0.028	0.31	-0.00005	-39.547	-16.309	32.12	-0.001	-0.01	0.00000	1.898	0.638
8.68	0.024	0.27	-0.00004	-51.685	-11.770	32.98	-0.001	-0.01	0.00000	2.369	0.451
9.55	0.021	0.23	-0.00004	-60.169	-7.882	33.85	-0.001	-0.01	0.00000	2.689	0.292
10.42	0.017	0.19	-0.00004	-65.545	-4.603	34.72	-0.001	-0.01	0.00000	2.883	0.158
11.28	0.014	0.16	-0.00003	-68.321	-1.883	35.59	-0.001	-0.01	0.00000	2.971	0.048
12.15	0.011	0.13	-0.00003	-68.962	0.327	36.46	0.000	-0.01	0.00000	2.972	-0.041
13.02	0.009	0.10	-0.00003	-67.886	2.081	37.32	0.000	0.00	0.00000	2.905	-0.111
13.89	0.007	0.07	-0.00002	-65.466	3.431	38.19	0.000	0.00	0.00000	2.785	-0.164
14.76	0.005	0.05	-0.00002	-62.032	4.427	39.06	0.000	0.00	0.00000	2.625	-0.202
15.62	0.003	0.04	-0.00002	-57.868	5.120	39.93	0.000	0.00	0.00000	2.437	-0.228
16.49	0.002	0.02	-0.00001	-53.218	5.554	40.80	0.000	0.00	0.00000	2.231	-0.244
17.36	0.001	0.01	-0.00001	-48.289	5.772	41.66	0.000	0.00	0.00000	2.016	-0.251
18.23	0.000	0.00	-0.00001	-43.250	5.813	42.53	0.000	0.00	0.00000	1.798	-0.250
19.10	-0.001	-0.01	-0.00001	-38.239	5.712	43.40	0.000	0.00	0.00000	1.583	-0.244
19.96	-0.002	-0.02	-0.00001	-33.366	5.500						
20.83	-0.002	-0.02	0.00000	-28.715	5.204						
21.70	-0.002	-0.02	0.00000	-24.348	4.849						
22.57	-0.002	-0.03	0.00000	-20.308	4.455						
23.44	-0.002	-0.03	0.00000	-16.621	4.038						

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: riquilificazione -gru STS-SISMA -SG7- molo VII Trieste

DATI DI INPUT:

Diametro del palo (D):	1.8	(m)
Lunghezza del palo (L)	43.4	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	11	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	442.41	(kN)
f _{ck} del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
f _{cm} del calcestruzzo:	38.0	(MPa)
E _{cls} ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):	32837	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4/64$):	51529974	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_n \cdot D)^{1/4}$):	764.63	(cm)



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)	z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof. (m)	Spost. (cm)	Press. Lat. (N/cm ²)	Rotaz. (rad)	Mom. Flett. (kNm)	Taglio (kN)	Prof. (m)	Spost. (cm)	Press. Lat. (N/cm ²)	Rotaz. (rad)	Mom. Flett. (kNm)	Taglio (kN)
0.00	0.292	3.21	0.00000	1691.407	-442.410	24.30	-0.013	-0.14	0.00000	-67.794	18.413
0.87	0.289	3.18	-0.00008	1329.146	-392.392	25.17	-0.012	-0.14	0.00000	-52.748	16.262
1.74	0.279	3.07	-0.00014	1009.884	-343.505	26.04	-0.012	-0.13	0.00001	-39.545	14.174
2.60	0.265	2.92	-0.00018	732.233	-296.645	26.91	-0.011	-0.12	0.00001	-28.113	12.184
3.47	0.248	2.73	-0.00021	494.128	-252.477	27.78	-0.010	-0.12	0.00001	-18.357	10.318
4.34	0.229	2.52	-0.00023	293.016	-211.472	28.64	-0.010	-0.11	0.00001	-10.159	8.594
5.21	0.208	2.29	-0.00024	126.010	-173.929	29.51	-0.009	-0.10	0.00001	-3.393	7.022
6.08	0.187	2.05	-0.00025	-9.975	-140.010	30.38	-0.008	-0.09	0.00001	2.076	5.608
6.94	0.165	1.82	-0.00024	-118.111	-109.760	31.25	-0.007	-0.08	0.00001	6.388	4.352
7.81	0.145	1.59	-0.00023	-201.566	-83.128	32.12	-0.006	-0.07	0.00001	9.676	3.251
8.68	0.125	1.37	-0.00022	-263.433	-59.992	32.98	-0.005	-0.06	0.00001	12.074	2.299
9.55	0.106	1.17	-0.00021	-306.673	-40.176	33.85	-0.004	-0.05	0.00001	13.707	1.487
10.42	0.089	0.98	-0.00019	-334.075	-23.460	34.72	-0.004	-0.04	0.00001	14.693	0.806
11.28	0.073	0.80	-0.00017	-348.226	-9.599	35.59	-0.003	-0.03	0.00001	15.141	0.245
12.15	0.059	0.64	-0.00016	-351.491	1.667	36.46	-0.002	-0.03	0.00001	15.149	-0.208
13.02	0.046	0.50	-0.00014	-346.005	10.606	37.32	-0.002	-0.02	0.00001	14.808	-0.564
13.89	0.035	0.38	-0.00012	-333.674	17.486	38.19	-0.001	-0.01	0.00000	14.195	-0.835
14.76	0.025	0.27	-0.00010	-316.170	22.566	39.06	-0.001	-0.01	0.00000	13.379	-1.032
15.62	0.016	0.18	-0.00009	-294.947	26.096	39.93	-0.001	-0.01	0.00000	12.422	-1.165
16.49	0.009	0.10	-0.00007	-271.249	28.308	40.80	0.000	0.00	0.00000	11.373	-1.244
17.36	0.004	0.04	-0.00006	-246.123	29.419	41.66	0.000	0.00	0.00000	10.276	-1.278
18.23	-0.001	-0.01	-0.00005	-220.438	29.628	42.53	0.000	0.00	0.00000	9.165	-1.276
19.10	-0.005	-0.05	-0.00004	-194.898	29.113	43.40	0.000	0.00	0.00000	8.069	-1.245
19.96	-0.008	-0.08	-0.00003	-170.062	28.032						
20.83	-0.010	-0.11	-0.00002	-146.357	26.526						
21.70	-0.011	-0.12	-0.00001	-124.100	24.716						
22.57	-0.012	-0.13	-0.00001	-103.508	22.705						
23.44	-0.013	-0.14	0.00000	-84.717	20.580						