



AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE - Porto di Trieste



INTERVENTI DI AMPLIAMENTO ALLA RADICE DEL MOLO VI PROG. A.P.T. N. 1801

RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO
dott.ing. Eric Marcone

PROGETTO		RESPONSABILI		
 <p>Via Colleoni, 56/58 36016 Thiene (VI) tel. 0445/375300 fax 0445/375375 e-mail: altieri@studioaltieri.it</p> <p>STUDIO ALTIERI SPA</p>	 <p>Via S.Fermo, 11 - 33100 - Udine tel.0432/526179 - fax 0432/624309 e-mail: alpe@alpeprogetti.it</p>	<p>INCARICATO DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p> <p>dott.ing. Carlo Glauco Amoroso</p>	<p>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE</p> <p>dott.ing. Francesco Alessandrini</p>	<p>RESPONSABILE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI</p> <p>dott.geol. Umberto Stefanel</p>
		 <p>Viale Terza Armata n. 7 - 34123 TRIESTE (TS) T. 040 633864 - F. 040 3483217 e-mail: info@sqs-ts.com</p>	<p>COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p>p.i. Furio Benci</p>	<p>RESPONSABILE PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI</p> <p>dott.ing. Dario Turolla</p>
 <p>Via Enrico Davila, 1 35028 Piove di Sacco (PD) Tel. 0425/1900552 email: info@progettando-srl.it</p>	<p>dott. geol. Umberto Stefanel Via G. Tullio n° 13 33100 Udine Tel/Fax 0432.513442 - Mob. 348.6037250 umbigeo@libero.it umberto.stefanel@epap.sicurezzaapostale.it</p>			

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO **Relazione Geologica**

ELABORATO **RGI 0021**

NOME FILE RGI 0021 Relazione Geologica_rev00

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	10-05-2017	EMISSIONE	US	US	US

INDICE

1.0 Premessa.	3
2.0 Inquadramento del sito di intervento.	4
3.0 Opere in Progetto.	5
3.0 Lineamenti di Geologia.	6
3.1 Assetto Geologico – Strutturale dell' area.	6
3.2 Successione Stratigrafica e Unità Litologiche.	8
3.3 Litotipi affioranti nella Città di Trieste.	10
3.3 Area urbana e portuale-marina: litotipi e successione stratigrafica.	12
3.4 Il Flysch di Trieste.	19
3.5 Aspetti morfologici.	22
3.6 Idrologia.	23
3.7 Idrogeologia.	23
3.8 Sismicità.	26
3.9 Pericolosità Sismica di base.	32
3.11 Pericolosità Naturali.	36
4.0 Indagini Geognostiche Integrative.	37
4.1 Sondaggi Geognostici.	38
4.1.1 Sondaggio S1.	38
4.1.2 Sondaggio S2.	38
4.1.3 Sondaggio S3.	39
4.1.4 Sondaggio S4.	40
4.2 Indagine Geofisica (M.A.S.W.).	42
4.3 Rilievo batimetrico.	44
4.4 Rilievo magnetometrico.	45
5.0 Caratteristiche Strutturali del Molo VI e delle banchine.	47
6.0 Geologia Tecnica.	49
6.1 Sezione Geologica A - A' Scala 1:500 ("Modello Geologico").	49
6.2 "Modello Geotecnico".	50
6.3 Azione Sismica.	52
6.3.1 Categoria di Suolo.	52
6.3.2 Categoria Topografica.	53
6.3.3 Classe d' uso e Vita Nominale.	53
6.3.4 Stati Limite e relative probabilità di superamento.	54
6.3.5 Parametri Sismici.	54
7.0 Considerazioni conclusive.	56



1.0 Premessa.

La presente Relazione Geologica per il "Progetto Definitivo riguardante gli Interventi di ampliamento della radice del Molo VI a Trieste" ha lo scopo di definire le caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche dei terreni e geomeccaniche degli ammassi rocciosi coinvolti nonché di definire le pericolosità geologiche e sismiche dell'area interessata dal Progetto.

Per la redazione del presente rapporto, oltre alla ricca bibliografia geologica del territorio (tra cui: "Carta Geologica del Carso Classico" e "Carta Geologica di Sintesi alla Scala 1:10.000 - Progetto GEO-CGT", Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Servizio Geologico, "Relazione Geologica - Piano Regolatore Generale Comunale, Variante Generale n° 18", Dott. Geol. G. Tagliapietra, Anno 2009, etc.), sono stati utilizzati i dati desunti da:

- o "Relazione Geologica allegata al Piano Regolatore del Porto di Trieste", Dott. Geol. Emanuele Fresia, Anno 2014.
- o "Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste: Studi Specialistici Volume A, Il Porto Fisico", Ing. Enrico Cantoni et alii, Anno 2011.

Sono stati inoltre utilizzati i recenti dati stratigrafici - ambientali e geotecnici ricavati da: "Esecuzione del Piano di Indagini integrative relative agli interventi di ampliamento della radice del Molo VI del Punto Franco Nuovo del Porto di Trieste. Progetto APT 1801", Committente "Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale Porto di Trieste", Ditta Esecutrice: "Geotecnica Veneta S.r.l.", Marzo - Aprile 2017.

Quest'ultima indagine è stata finalizzata alla puntuale definizione del "Modello Geologico" e del "Modello Geotecnico" dei terreni di fondazione, anche ai sensi delle NCT 2008, nonché alla caratterizzazione chimico fisica dei sedimenti marini per un loro futuro dragaggio e smaltimento.

La predetta indagine integrativa (a firma del Dott. Geol. Diego Mortillaro a cui si rimanda) si è articolata nell'esecuzione a mare mediante pontone (Figura n° 2) di:

- n° 2 Sondaggi a carotaggio continuo (sondaggi ambientali S1-S2) approfonditi sino a - 6.0 metri circa dal fondale marino;
- n° 2 Sondaggi a carotaggio continuo (sondaggi geotecnici S3-S4) con prove in sito (SPT "Standard Penetration Test", Tor-Vane, RQD) che hanno raggiunto rispettivamente la profondità di -16.1 e -13.0 metri dal fondale.
- Prelievo di campioni per analisi chimiche e geotecniche.

Sono inoltre state effettuate:

- Indagine geofisica (in banchina) consistente in una acquisizione sismica ed interpretazione dispersione onde di superficie con tecnica MASW (ai fini della definizione della "Categoria di Suolo" - Paragrafo 3.2.2 Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche delle NCT 2008).
- Indagine Magnetometrica del fondale (per rilevare anomalie elettromagnetiche nel fondale associabili a masse ferrose).
- Rilievo batimetrico.



2.0 Inquadramento del sito di intervento.



Figura n° 1: Corografia Scala 1:25.000 (da CTRN Tavoleta 110 SO "Trieste").

La Figura n° 1 indica la posizione dell' area di intervento che si colloca alla radice del Molo VI.

Nella Figura n° 2 e nell' allegato Elaborato GEO 0201 ("Planimetria ubicazione Indagini Geognostiche Scala 1:1.000") sono indicate le posizioni delle Indagini Integrative eseguite in corrispondenza dell' opera in Progetto.

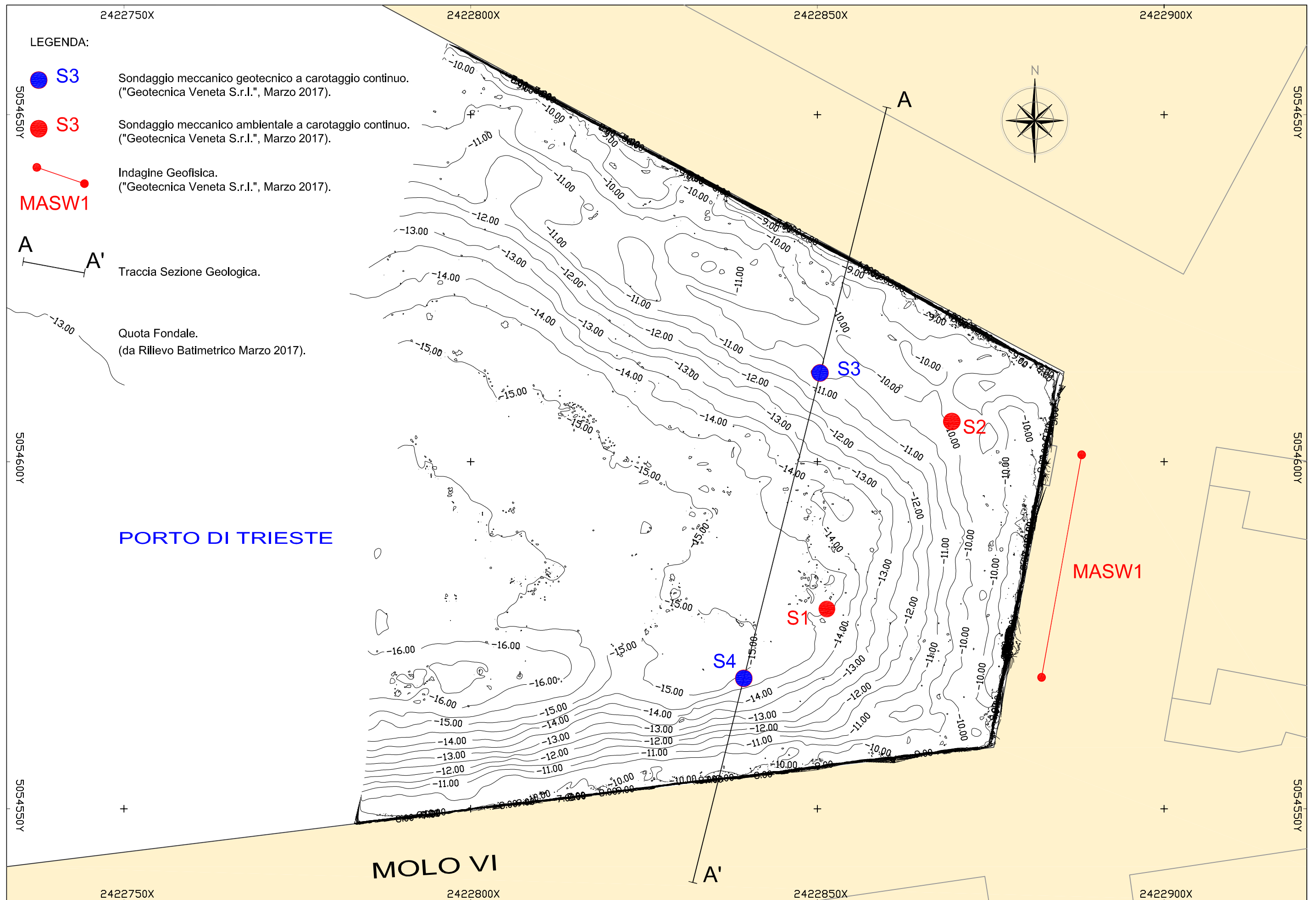


Figura n° 2: Batimetria Fondale e Planimetria Indagini Geognostiche Scala 1:1.000.



3.0 Opere in Progetto.

I lavori di ampliamento alla radice del Molo VI (Figura n° 3), finalizzati alla realizzazione di due accosti Ro-Ro della larghezza di 40 metri nello spazio compreso tra il Molo VI e la banchina esistente (accosti 38-39), prevedono l' avanzamento della banchina nel tratto terminale per circa 35 metri.

L' intervento strutturale consiste nella realizzazione di una banchina pensile su pali di grosso diametro (diametro 1600 mm), disposti con maglia quadrata di lato 10 metri.

I pali previsti (pali trivellati) andranno ad intestarsi per almeno 7 metri nel substrato flyschoido integro; in sommità i pali saranno collegati all' impalcato in progetto a formare una connessione a cerniera.

L' impalcato sarà costituito da delle travi principali su cui saranno disposti dei pannelli alveolari precompressi con altezza di 30 cm, che permetteranno la successiva esecuzione del getto della soletta.

Il bordo banchina sarà oggetto di un intervento di rinforzo generale, tramite la placcatura della parete immersa (attualmente caratterizzata anche da cavità più o meno profonde) con una struttura in c.a. di spessore medio 30 cm, collegata ai massi esistenti con ancoraggi metallici distribuiti a quinconce.

Il consolidamento dell'insieme avviene tramite la realizzazione di micropali inclinati, di diametro 168 mm, posti ad interasse di 0.75 metri.

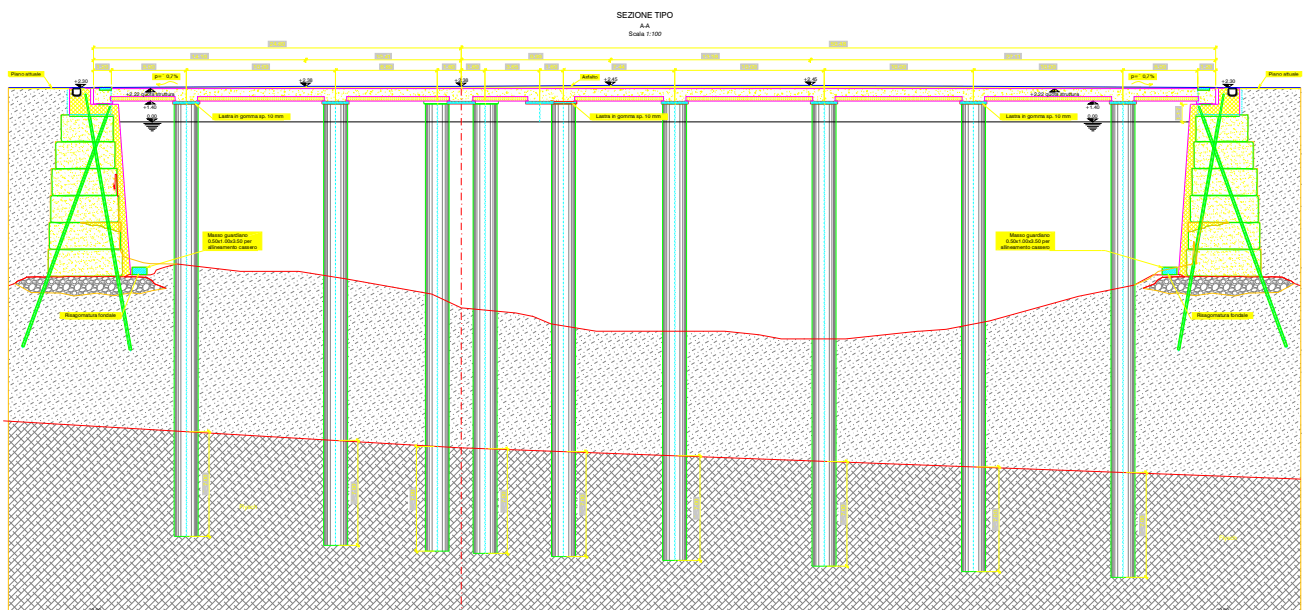


Figura n° 3: Sezione di Progetto (non in Scala).



3.0 Lineamenti di Geologia.

3.1 Assetto Geologico – Strutturale dell' area.

Nel complesso il Golfo di Trieste risulta formato (Figura n° 4) da lembi del bacino marnoso arenaceo dell' Istria Settentrionale (sinclinale Trieste Capodistria) e dal lembo Sud Occidentale dell' Altopiano Calcareo di Trieste e dell' Istria Montana (Carso di Trieste e dell' Alta Istria) che insieme vanno a formare una vasta anticlinale spianata percorsa da pieghe secondarie con direzione Sud Est - Nord Ovest; la "Faglia di Trieste" (faglia inversa) delimita il passaggio fra il complesso dei termini calcarei del Cretaceo e del Paleocene-Eocene inferiore appartenente all' Altopiano Carsico con il bacino marnoso qui rappresentato dal "Flysch di Trieste" (Età Paleocene - Eocene medio).

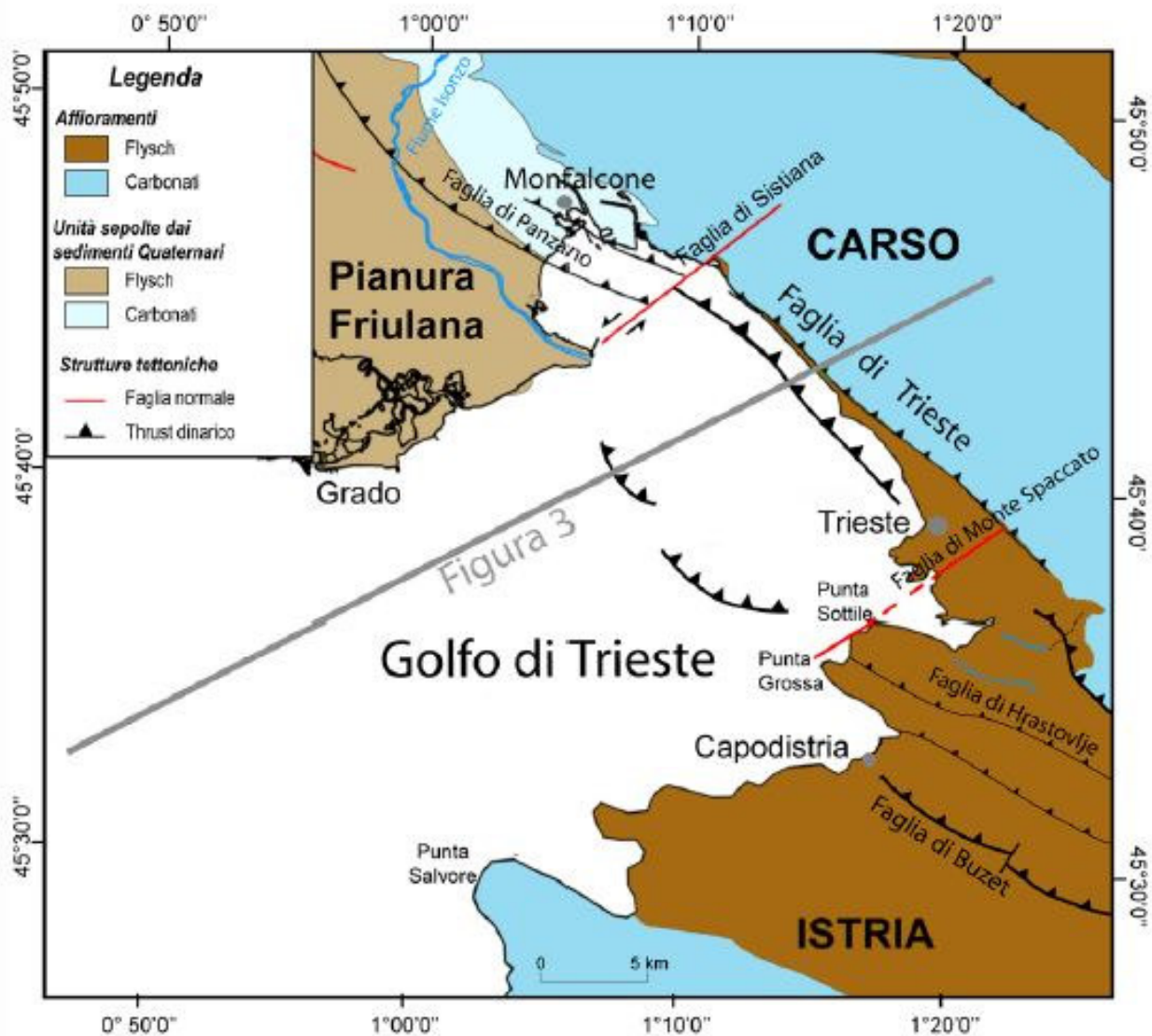


Figura n° 4: Mappa Geologica del Golfo di Trieste (da Figura 2 della Pubblicazione: "Nuove evidenze geologiche nel Golfo di Trieste e lungo la sua costa: considerazioni in relazione alle proposte di insediamento di impianti strategici" M. Busetti). Non in Scala.



RELAZIONE GEOLOGICA

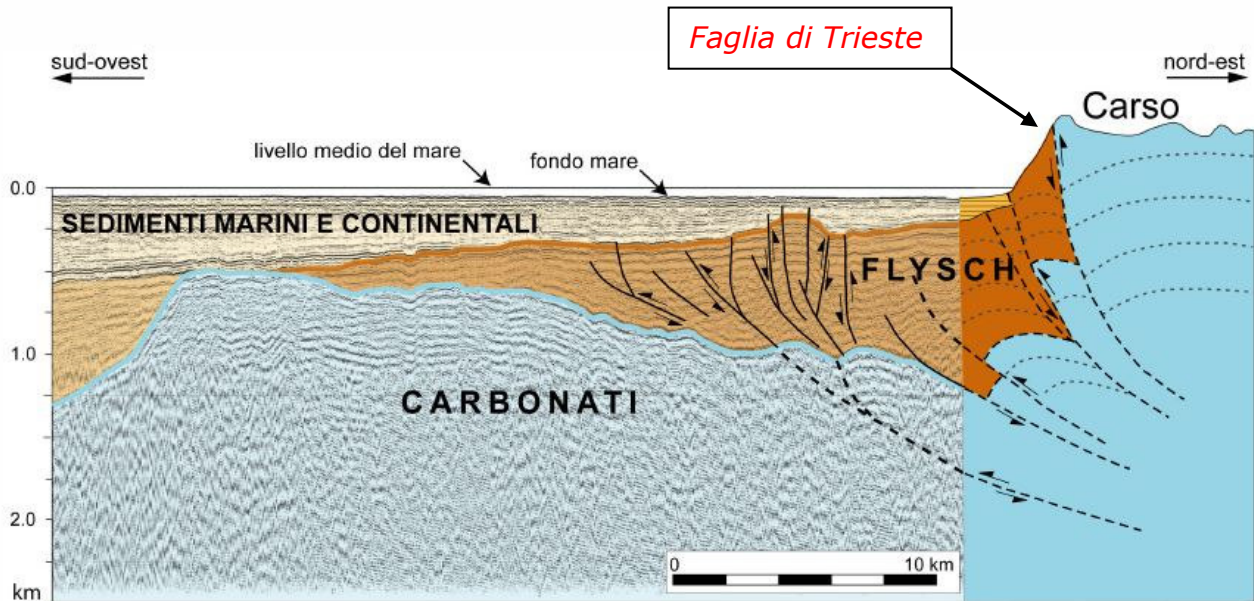


Figura n° 5: Sezione Geologica attraverso il Golfo di Trieste ed il Carso composta da un profilo sismico a mare e da una sezione geologica a terra (da Figura 3 della Pubblicazione: "Nuove evidenze geologiche nel Golfo di Trieste e lungo la sua costa: considerazioni in relazione alle proposte di insediamento di impianti strategici" M. Busetti). Non in Scala.

Come si evince dalla Sezione Geologica (Figura n° 5) i carbonati (principalmente calcari) affiorano nell' Altopiano Carsico mentre nel Golfo di Trieste sono presenti a profondità di circa 1200 metri in prossimità della costa e tale differenza rappresenta il rigetto verticale della "Faglia di Trieste".

Il *Flynch* (presente lungo la costa e che ricopre nel Golfo i carbonati) risulta deformato dall' attività di un sistema di faglie con andamento all' incirca parallelo alla linea di costa (Faglie dinariche con orientamento Nord Ovest – Sud Est); tali faglie interessano anche i sedimenti più recenti sovrastanti costituiti da depositi continentali e marini di età sino all' attuale, indicando una recente attività tettonica.

Altri lineamenti strutturali (con direzione Nord Est – Sud Ovest) sono rappresentati da faglie trascorrenti tra le quali la "Faglia di Sistiana" e la "Faglia di Monte Spaccato".



3.2 Successione Stratigrafica e Unità Litologiche.

L' area, a partire dal Mesozoico, è occupata da una piattaforma carbonatica in evoluzione caratterizzata da una bassa energia di fondo con frequenti emersioni ed una aggradazione controllata dalla tettonica; l' ambiente si evolve con sviluppo di depositi biohermali e biostromali e di "reef" con locali fasi di emersione testimoniate da fenomeni di paleocarsismo.

Le spinte orogeniche (Senoniano Sup.) cominciano a strutturare la piattaforma con la formazione dell' Anticlinale del Carso Triestino e della Sinclinale Trieste Capodistria con conseguente mutazione delle condizioni ambientali di mare protetto e poi più aperto con influenze terrigene.

Nell' Eocene la ripresa delle fasi orogenetiche produce enormi quantità di detriti che, trasportati dai corsi d' acqua, danno luogo a sedimenti deltizi che coprono la piattaforma (sedimenti torbiditici in facies di *Flysch*).

Nell' Oligocene si assiste al sollevamento dell' Anticlinale ed il collasso dei sedimenti torbiditici con conseguente formazione delle principali strutture tettoniche.

Nel periodo Plio - Pleistocenico con il mutare delle condizioni ambientali (batimetriche del bacino) e tettoniche di sollevamento si instaurano fenomeni di erosione nel *Flysch* nonché una decisa evoluzione dei fenomeni carsici che interessano i litotipi dell' Altopiano Carsico; tali eventi hanno portato alla attuale fisionomia strutturale - geomorfologica del sito.

La Successione Stratigrafica può essere riassunta nella Segue Tabella tratta da: "Carta Geologica del Carso Classico" (Figura n° 6); l' Altopiano Carsico è formato dalla successione carbonatica Mesozoica (Aptiano - Ypresiana) che comprende le seguenti Unità (informali) caratterizzate da litotipi prevalentemente calcarei ed in subordine dolomitici, da ben stratificati a massivi, da micritici ad organogeni, a tratti brecciati: "Calcari di Monte Coste", "Formazione di Monrupino", "Calcari di Aurisina", "Formazione Liburnica" e "Calcari ad Alveoline e Nummuliti".

Sigla	Unità:	Età:
FT	Flysch di Trieste	Luteziano p.p.
ALV	Calcari ad Alveoline e Nummuliti	Thanetiano sup. (?) - Illerdiano (?) - Cuisiano med.
LIB	Formazione Liburnica	Campaniano sup. p.p. - Thanetiano
AUR	Calcari di Aurisina	Cenomaniano sup. - Turoniano p.p. - Senoniano inf.
MRP	Formazione di Monrupino	Cenomaniano med. / sup.
CCS	Calcari di Monte Coste	Aptiano inf. p.p. / Albiano sup.

La Città di Trieste sorge su rilievi collinari della successione Cenozoica (Età Paleocene - Eocene medio) pelitico arenacea (Formazione del "*Flysch di Trieste*" FT) che si estende alla base del ciglione calcareo del Carso Triestino sino al mare (altopiano carsico formato dalla Successione Mesozoica); tale area collinare si sviluppa da Barcola (dalla quota di circa 200 m.l.m.) verso Sud - Est fino alla fascia oltre la quota di 250 m.l.m. della dorsale Montebello - Cattinara.



RELAZIONE GEOLOGICA

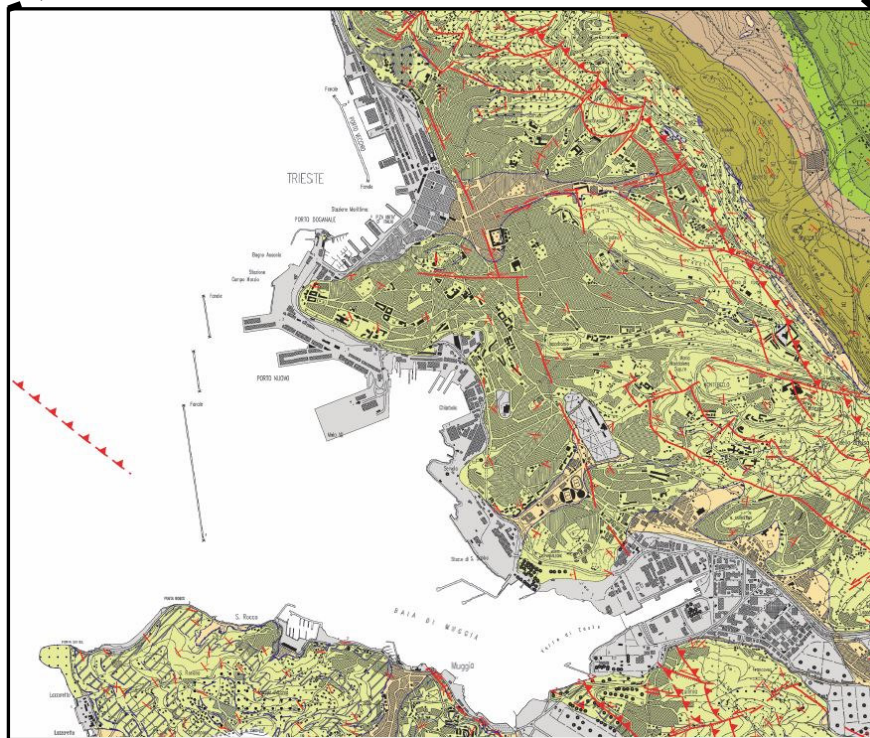
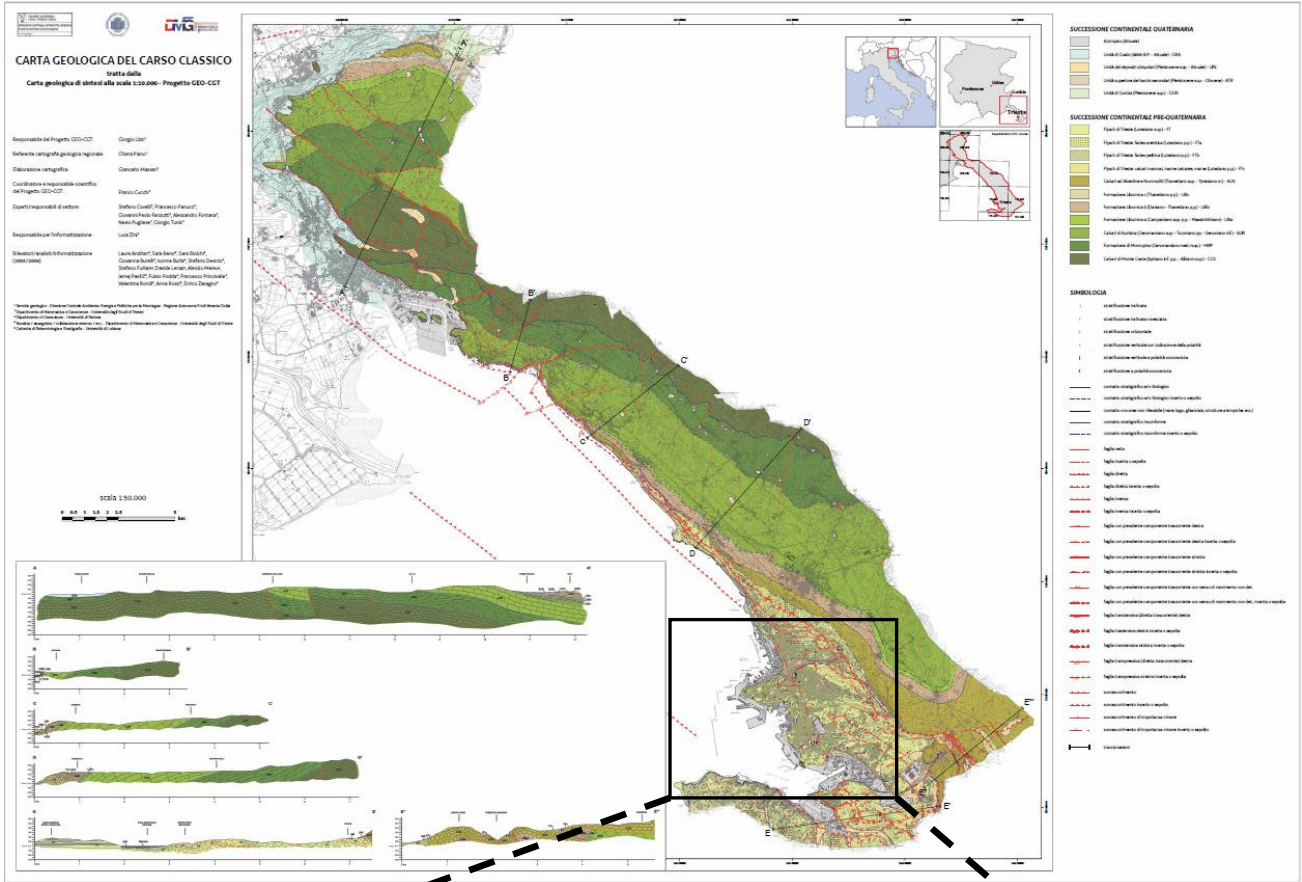


Figura n° 6: "Carta Geologica del Carso Classico" (tratta dalla Carta Geologica alla Scala 1:10.000 – Progetto GEO-CGT, Servizio Geologico Regione FVG).



3.3 Litotipi affioranti nella Città di Trieste.

Parte della Città di Trieste sorge su terreni formati da rocce marnoso arenacee del "Flysch di Trieste" (Figura n° 7) o su depositi alluvionali di fondovalle derivanti dall' erosione della formazione marnoso arenacea mentre le porzioni cittadine situate nell' area urbana di pianura sono ricavate da bonifiche di antiche aree di transizione mare-terraferma, aree paludose o di saline.

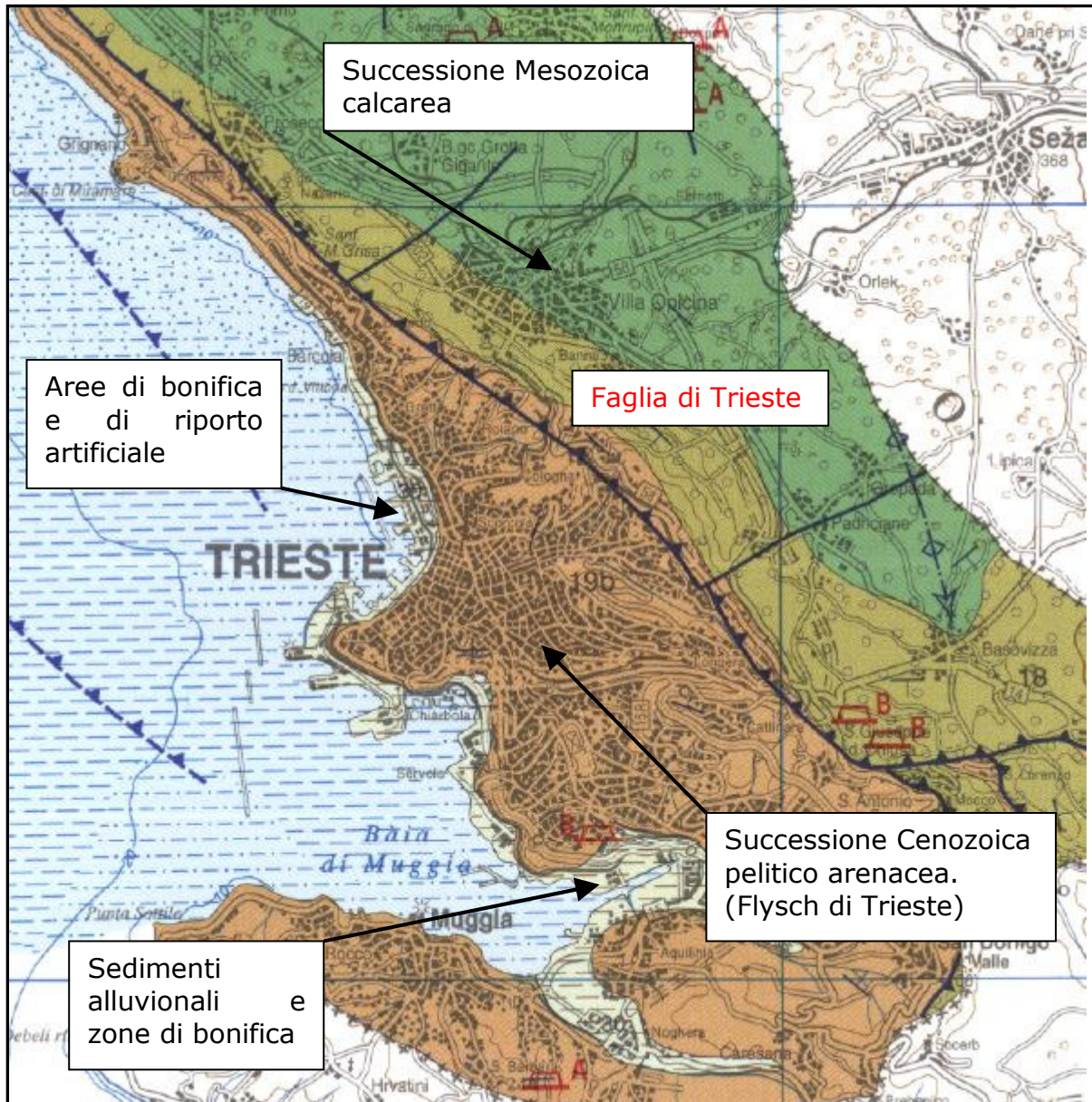


Figura n° 7: "Carta Geologica di Trieste" (da: "Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia Scala 1:150.000) Non in Scala.

Le colline flyschoidi, grazie all' elevato grado di erodibilità, si presentano con una morfologia arrotondata, con versanti poco acclivi (15-30%) con valori più elevati nella stretta fascia tra l' Altopiano Carsico e la costa a Nord di Trieste e più in generale nelle parti basali dei rilievi interessati dai solchi torrentizi.



RELAZIONE GEOLOGICA

Nel territorio sono presenti limitate piane alluvionali comprese tra l' area collinare e lo sbocco a mare delle principali incisioni o valli percorse dai corsi d' acqua che scendono dai rilievi (quali i Rii Farneto, Settefontane, Roncheto, Primario, Ospio, Zaule e Rosandra). La principale piana è quella di Zaule che, costruita dagli apporti solidi del Torrente Rosandra e dei torrenti minori nonché dai depositi sedimentari marini, risulta attualmente profondamente rimaneggiata dall' azione antropica anche con importanti operazioni di bonifica delle zone paludose.

Le zone localizzate alla base dei versanti flyschoidi od in corrispondenza dello sbocco a valle dei principali rii che solcano le colline (Rosandra, Ospio etc.), sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali e colluviali di spessore assai variabile formati da una matrice limoso sabbiosa inglobante frammenti arenitici, calcarei e scaglie di marna; l' estensione di tali depositi è condizionata dall' andamento del substrato roccioso.

Bonifiche ed interramenti (di varia natura) si sono susseguiti nel tempo riguardando soprattutto le aree di transizione tra la terraferma ed il mare modificandone profondamente la morfologia, anche per il recupero di aree da destinare alle attività portuali ed industriali.

Trattasi di riempimenti, livellamenti e bonifica effettuati con materiali assai diversi ed in tempi diversi: l' area di riporto nell' attuale Borgo Teresiano (ad esempio) è il risultato dell' azione di interrimento delle saline eseguita soprattutto nel XVIII secolo. Nel 1788 venne recuperata un' ampia zona di mare compresa tra Piazza Unità d' Italia e Campo Marzio e negli anni successivi (1868-1883) venne recuperata a mare l' area dell' attuale Porto Franco Vecchio, prelevando il materiale roccioso dal Colle di Gretta e dalle cave di Sistiana.

Successivamente furono colmate l' area del Porto Franco Nuovo e successivamente le altre zone litoranee (area Ferriera di Servola etc.).

L' azione dell' uomo è intervenuta quindi in maniera decisa entro l' area cittadina, modificando la morfologia e l' idrografia originaria, sino a renderle irriconoscibili.



Saline da bonificare (Borgo Teresiano)

Mura Medioevali



Figura n° 8: Mappa Città di Trieste (Anno 1736).

3.3 Area urbana e portuale-marina: litotipi e successione stratigrafica.

In maggiore dettaglio l' area cittadina urbanizzata è costituita, come risulta dalla "Carta di Sintesi GEO-CGT Foglio 110 "Trieste" Scala 1:10.000" della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico (Figura n° 9), dalla Formazione del "Flysch di Trieste" e da ampi settori caratterizzati da materiali di riporto (Riporti antropici).



RELAZIONE GEOLOGICA

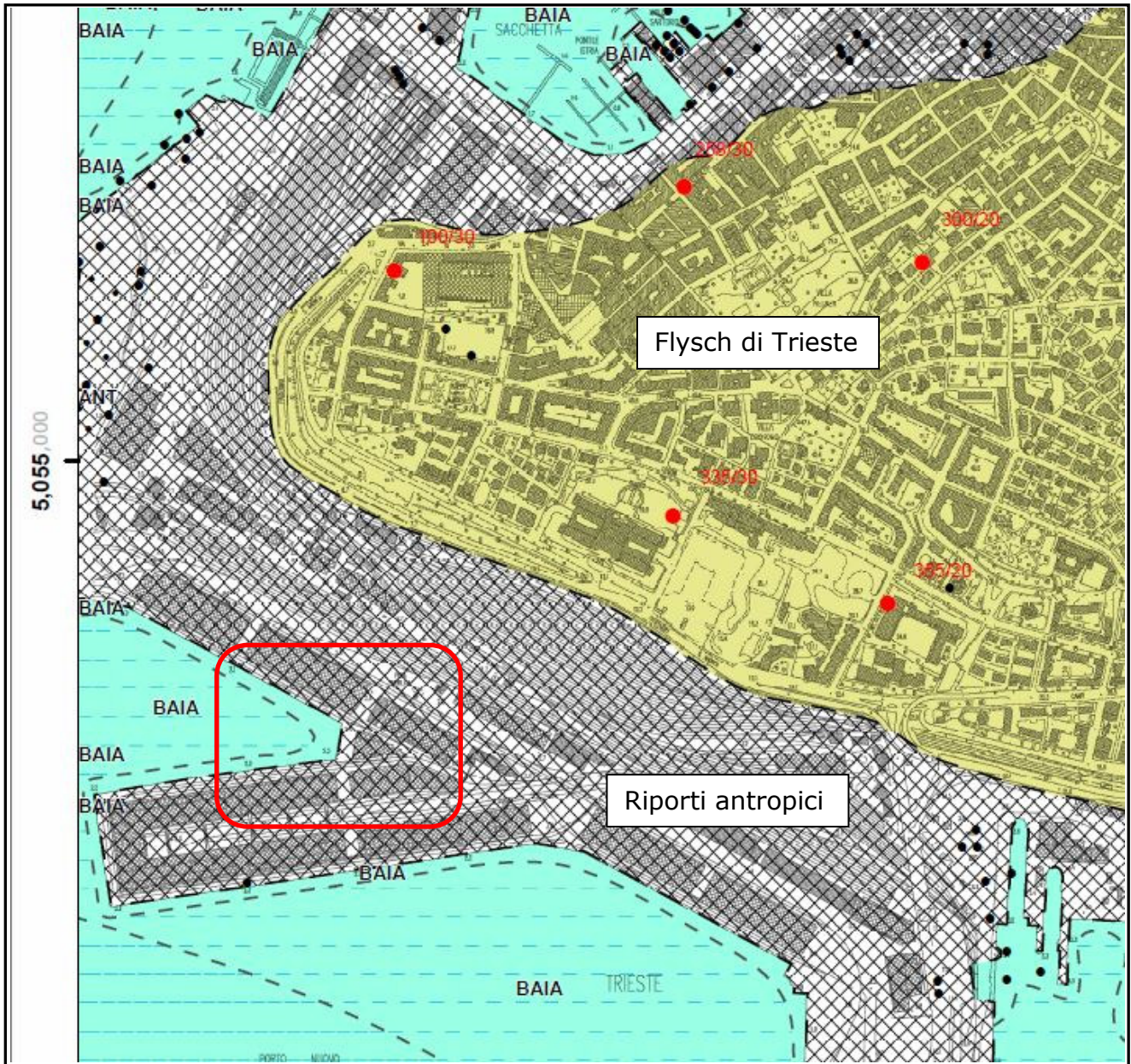


Figura n° 9: "Carta Geologica di Sintesi Geologica GEO-CGT" Scala 1:10.000 Foglio 110-Trieste Sezione 110140.



RELAZIONE GEOLOGICA

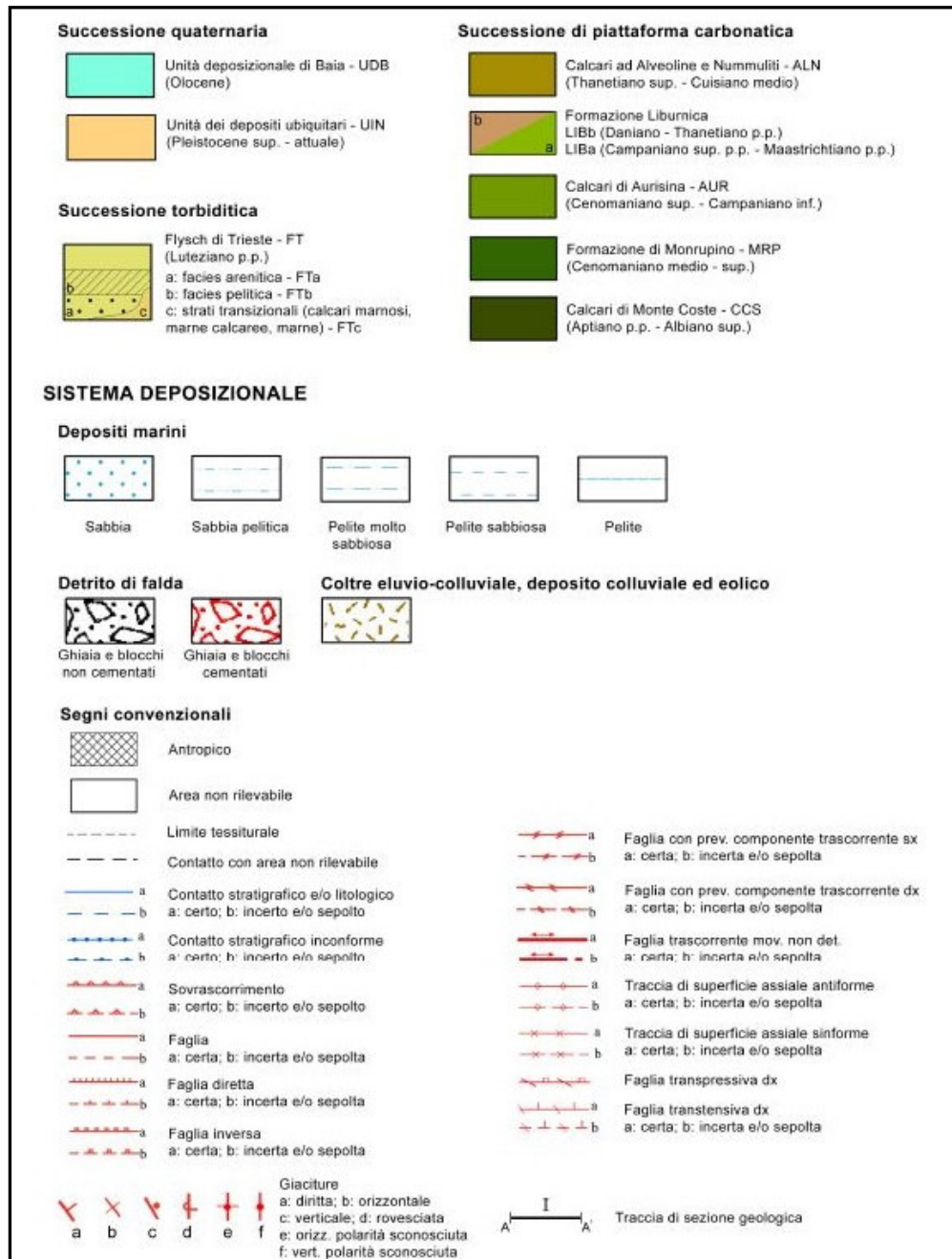


Figura n° 10: Legenda "Carta Geologica di Sintesi Geologica GEO-CGT" Scala 1:10.000.

Indagini geognostiche effettuate in ambito portuale (vari sondaggi lungo la costa e a mare, sondaggi Progetto Piattaforma Logistica, etc.) confermano anche lungo la costa e a mare la presenza del basamento roccioso in facies di Flysch marnoso arenaceo, a partire da profondità decametrica e pluridecametrica, al di sotto di una coltre di terreni di materiali sciolti di origine marina (sabbie, peliti sabbiose e peliti), continentale e antropica.

Il basamento risulta spesso disposto secondo una morfologia a gradoni circa paralleli lungo la linea di costa a rappresentare probabilmente antiche linee di spiaggia (Mosetti, F. "Morfologia dell' Adriatico Settentrionale").



RELAZIONE GEOLOGICA



Foto n° 1: Substrato Flyschoido integro di un sondaggio a mare (Piattaforma Logistica).

I materiali che ricoprono il Flysch (Flysch integro, Foto n° 1) sono costituiti, oltre da una coltre di alterazione e decompressione dell' ammasso roccioso ("Cappellaccio di alterazione" – Flysch degradato, come in Foto n° 2), da depositi continentali tardo pleistocenici di ambiente subaereo di origine fluviale attribuibili ad una fase glaciale con regressione marina (non sempre presenti nei sondaggi "a terra" eseguiti oltre una certa quota o immediatamente adiacenti alla linea di costa) costituiti da corpi lenticolari e sistemi di argine canale formati da elementi ghiaiosi arenacei e calcarei per lo più poco arrotondati e sovente alterati e molto alterati, in abbondante matrice fina limoso sabbiosa e argillosa, con livelli sabbiosi e argilloso limosi; trattasi (Foto n° 2) di depositi per lo più molto consistenti e addensati, color giallastro, marrone e verdognolo con screziature ocracee al tetto (ossidazione subaerea), con variabile presenza di clasti.



Foto n° 2: Depositi di copertura, di alterazione substrato parzialmente integro (Sondaggio a mare "SRV Indagini Geologiche s.r.l." Piattaforma Logistica Trieste).



RELAZIONE GEOLOGICA

La trasgressione marina (Olocene) ha portato alla formazione di un ambiente di transizione caratterizzato da paludi salmastre con la sovrapposizione, sui depositi continentali, di livelli organici e talora torbosi (Foto n° 3) a cui seguono livelli più francamente marini in stratificazione sub orizzontale, pelitici e pelitico sabbiosi; lo spessore di tali depositi può raggiungere e superare anche i 15-20 metri (a seconda della conformazione strutturale del "bottom" del bacino).



Foto n° 3: Successione di depositi marini pelitico sabbiosi (con resti di conchiglie), depositi di argille organiche e torbose, depositi continentali limoso argilloso con ghiaia e calcinelli (Sondaggio a mare "SRV Indagini Geologiche s.r.l." presso Piattaforma Logistica Trieste).

I depositi marini, per lo più molto soffici e poco consistenti, sono formati da termini prevalentemente limoso argilloso, a tratti debolmente sabbiosi (composizione granulometrica dei sedimenti Olocenici in Figura n° 11 tratta dalla documentazione relativa al "Piano di caratterizzazione ambientale dell' area marina costiera del SIN di Trieste"), color grigio e grigio scuro, variamente organici, con conchiglie e con livelli caratterizzati da abbondante tritume conchigliare ed accumuli algali.

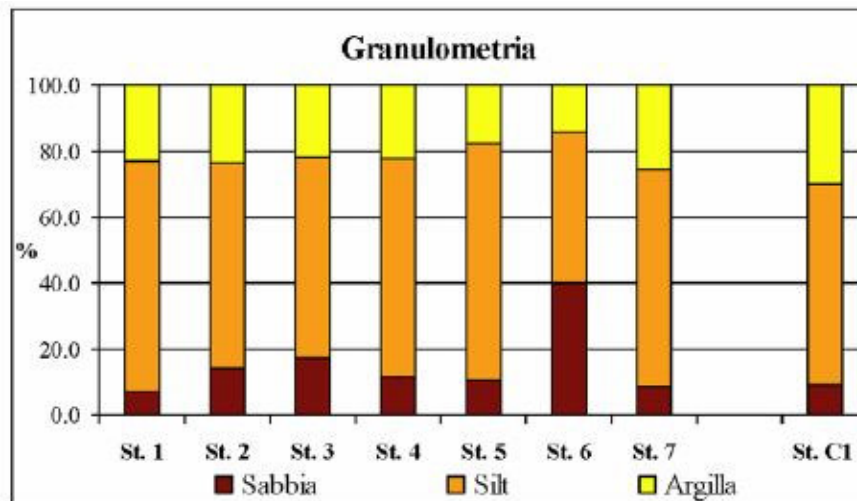


Figura n° 11: Granulometria media dei terreni Olocenici marini.



RELAZIONE GEOLOGICA

A ricoprire i depositi marini sono presenti (nell' area prossima alla costa e nelle zone antropizzate) accumuli di materiali di riporto; trattasi, come accennato, di riempimenti di varia natura messi in opera, in tempi successivi, per la livellazione e bonifica delle aree depresse (Piana di Zaule) e per il recupero a mare di zone da destinare ad espansione industriale, portuale e commerciale (zone costiere dall' area delle Ferrovie sino ad Aquilina, comprendente l' area di Servola etc.).



Foto n° 4: Tipologia materiale di riporto (Sondaggio area Stazione Ferroviaria "SRV Indagini Geologiche s.r.l."): ciottoli, frammenti lapidei etrometrici, matrice terrosa limo sabbiosa color marrone).



Foto n° 5: Tipologia materiale di riporto (Sondaggio area Ferriere di Servola "SRV Indagini Geologiche s.r.l."): ciottoli, frammenti di laterizi, blocchi calcarei e di calcestruzzo, scorie, limo e argilla).

I riempimenti che si sono susseguiti nel tempo sono stati effettuati con materiali di varia natura, derivanti da scavi e demolizioni effettuati nella zona di Trieste (laddove predominano accumuli terrosi con frammenti di laterizi e blocchi arenacei e calcarei), con materiali derivanti da scarti di cava (blocchi e frammenti lapidei eterometrici calcarei ed arenacei) e talora con materiali vari



RELAZIONE GEOLOGICA

derivanti dai processi di scarto del ciclo produttivo (area Ferriere di Servola con accumuli di scorie, loppe di altoforno, refrattari etc.).

Lo spessore dei materiali di riporto (terreno per lo più sciolto e poco addensato), risulta assai variabile; nello Studio allegato al "Piano Regolatore del Porto di Trieste: Studio Ambientale Integrato - Progetto delle Opere di Piano Generale di Gestione dei Sedimenti", Settembre 2014 (Figura n° 12), la situazione compresa tra il Molo V ed il Molo VII (Sezione G-H) evidenzia uno spessore dei materiali di riporto compreso tra 22 e 11 metri circa, considerando la litologia definita come "Ghiaie e limi" facente ancora parte (presumibilmente) dei terreni antropici.

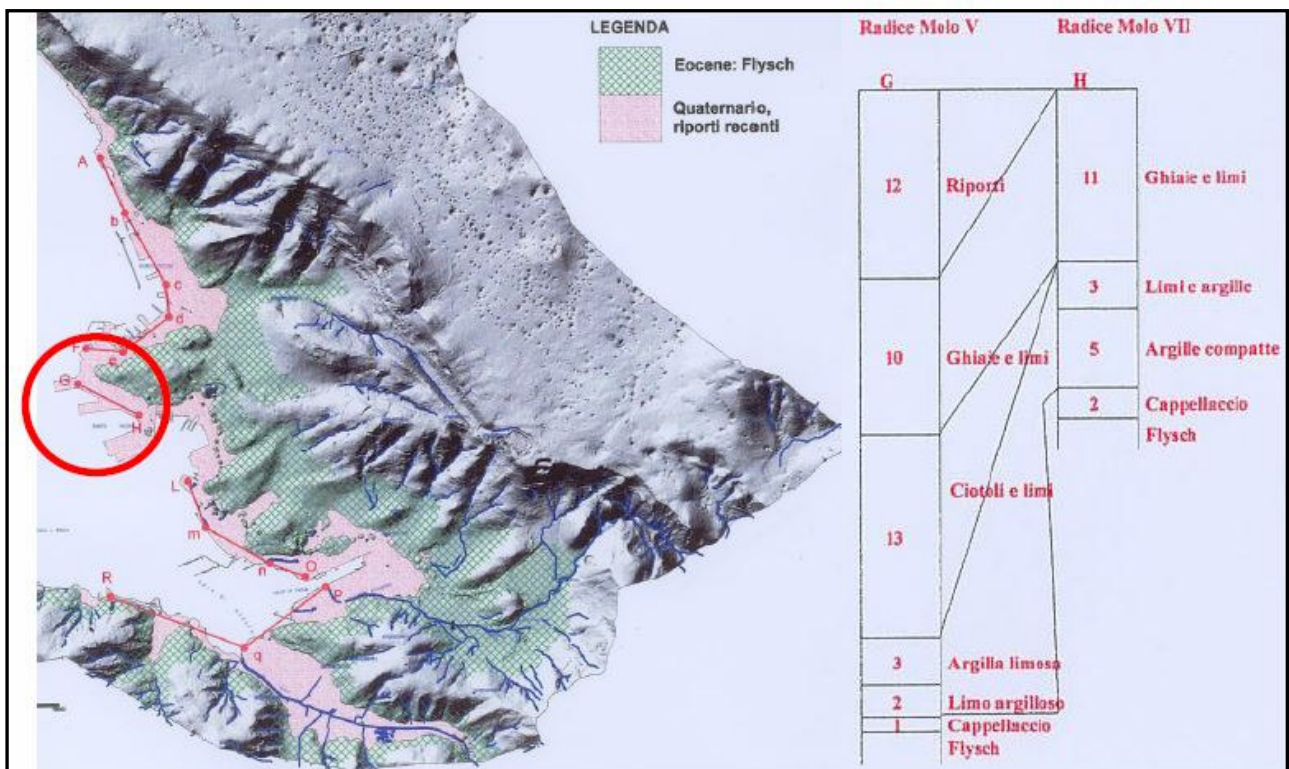


Figura n° 12: Carta Litologica e Sezioni Litologiche (da: "Piano Regolatore del Porto di Trieste: Studio Ambientale Integrato - Progetto delle Opere di Piano Generale di Gestione dei Sedimenti", Settembre 2014 ").

Tra il Molo V ed il Molo VII sono state effettuate indagini per il progetto di rifacimento della Banchina Nord del Molo V e del Molo VII; gli 11 Sondaggi a terra e gli 8 Sondaggi a mare hanno permesso di definire, per il Molo V la seguente successione stratigrafica:

Profondità Strati:	Descrizione Litologica di massima:		
0.0 – 12.0 m	Riporti.	Δ Δ Δ Δ	Riporti antropici
12.0 – 22.0 m	Ghiaie e limi.	Δ Δ Δ	
22.0 – 35.0 m	Ciotoli e limi.	oooooo	Alluvioni
35.0 – 38.0 m	Argilla limosa.	≈ ≈ ≈ ≈	Depositi fluviolacustri
38.0 – 40.0 m	Limo argilloso.	≈ ≈ ≈ ≈	
40.0 – 41.0 m	Cappellaccio di alterazione del Flysch	///////	Flysch da degradato ad integro
> 41.0	Flysch di Trieste marnoso arenaceo.	xxxxxx	



RELAZIONE GEOLOGICA

Per il Molo VII la situazione è risultata la seguente:

Profondità Strati:	Descrizione Litologica di massima:		
0.0 – 11.0 m	Riporti.	△ △ △ △	Riporti antropici
11.0 – 14.0 m	Limi e argille.	@ @ @	Depositi marini
14.0 – 19.0 m	Argille compatte.	≈ ≈ ≈ ≈	Depositi fluviolacustri
19.0 – 21.0 m	Cappellaccio di alterazione del Flysch	///////	Flysch da degradato
> 21.0	Flysch di Trieste marnoso arenaceo.	× × × ×	ad integro

Per la radice del Molo VI sono previsti non meno di 12-16 metri di materiali di riporto di varia natura che ricoprono sedimenti marini (peliti e peliti sabbiose), continentali (limi, ghiaie alterate in matrice limo sabbioso argillosa etc.) ed il substrato roccioso flyschoidale (il cui tetto è previsto a quota -20 / -25 m.l.m. circa).

3.4 Il Flysch di Trieste.

La successione torbida che costituisce il cosiddetto "Flysch di Trieste" (Luteziano p.p.) è formata da una alternanza ritmica ed irregolare di rocce clastiche rappresentate da litotipi dotati di caratteristiche fisiche e proprietà geomeccaniche assai diverse: arenarie e marne.

- Le "arenarie" sono prevalentemente delle calcareniti ovvero delle rocce a matrice carbonatica che ingloba una frazione detritica costituita da granuli di calcite, quarzo ed altri silicati, talora microfossili. Sono rocce bene e nettamente stratificate, con superfici di tetto e di letto degli strati spesso molto regolari, piane e lisce, talora con rugosità accentuata da strutture (bioturbazioni, impronte di fondo etc.); sono inoltre presenti evidenti laminazioni piano parallele e strutture sedimentarie (gradazioni, stratificazioni incrociate, impronte di fondo e di corrente etc.).

Lo spessore del singolo strato risulta assai variabile da pochi centimetri sino a bancate di potenza superiore a 50-70 cm (ed oltre 1 metro).

Il colore del litotipo integro risulta generalmente grigio e grigio scuro, mentre i processi di alterazione conferiscono alla roccia una colorazione marrone ocra con pigmentazioni giallastro rossastri.

La resistenza meccanica del litotipo fresco (non alterato) risulta in genere elevata, in media superiore a 30-50 Mpa (max 70-120 Mpa).

La massa rocciosa nel suo insieme è dotata di una certa permeabilità secondaria dovuta alla presenza di fratture, faglie, giunti di strato; alcune di queste discontinuità possono essere talora aperte favorendo il processo di degradazione in profondità.

- Le "marne" sono rocce prevalentemente carbonatiche argillose costituite da pacchetti di lamine sottili. Risultano, in affioramento, sovente fogliettate e sono generalmente assai friabili; la roccia sana possiede una colorazione variabile dal grigio vivo azzurrognolo o ceruleo al grigio scuro.



RELAZIONE GEOLOGICA

Sotto l'azione degli agenti atmosferici le porzioni più superficiali di questo litotipo assumono un caratteristico color ocraceo.

Le marne sono rocce nel complesso impermeabili; a contatto con l'acqua esse tendono a desquamarsi e a suddividersi spontaneamente nella serie di lamine che le compongono.

La fratturazione frequente, con conseguente solubilizzazione della frazione carbonatica da parte dell'acqua, conferisce un certo grado di plasticità ai settori più alterati della massa rocciosa; il materiale argilloso, derivante dalla degradazione totale delle marne, può essere trasportato in siti lontani dal luogo di formazione, assieme anche ad elementi litoidi arenacei, oppure può andare a riempire eventuali discontinuità presenti all'interno della massa rocciosa. Il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso può essere soggetto a profonde modificazioni a causa della forte igroscopicità delle marne, con conseguente variazione delle proprietà fisico-meccaniche della massa rocciosa, scadimento delle caratteristiche di resistenza e maggiore deformabilità della massa stessa.

Il litotipo integro possiede generalmente una bassa resistenza meccanica (resistenza a compressione semplice minore di 10-20 Mpa).

Il variare delle alternanze arenaria – marna ed il variare degli spessori di un litotipo e la sua prevalenza rispetto all'altro determinano vari "Tipi" di Flysch con caratteristiche geomeccaniche significativamente diverse; nel territorio di Trieste si può infatti constatare una notevole mutevolezza da zona a zona dei vari "Tipi" di Flysch che vengono classificati in 5 categorie principali (da: *"Caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche del Flysch nella Provincia di Trieste"*, Dott. Geol. R. Onori, Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste, Anno 1982):

- **T1:** Flysch costituito prevalentemente da arenarie (in genere strati di spessore superiore a 30 cm) con interstratificati pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico; stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.
- **T2:** Flysch costituito prevalentemente da arenaria (strati generalmente di spessore inferiore a 30 cm) con interstratificati poco frequenti pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico; stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.
- **T3:** Flysch costituito da circa 50% di arenaria e 50% di marna (spessore degli strati di arenaria e dei pacchetti di lamine di marna variabile generalmente da circa 1 cm a circa 20 cm); stratificazione distinta e spessore del singolo strato, o pacchetto, notevolmente costante.
- **T4:** Flysch costituito prevalentemente da marna i cui pacchetti possono avere uno spessore variabile da circa 10 cm a circa 50 cm; interstratificati rari strati di arenaria il cui spessore si aggira generalmente tra circa 1 cm e 20 cm; stratificazione abbastanza distinta e spessore del singolo pacchetto, o strato, piuttosto costante.
- **T5:** Flysch costituito prevalentemente da arenarie a buona consistenza litoide, ma che hanno subito notevoli processi deformativi (spessore degli strati non superiore a 10 cm circa); stratificazione talora poco distinta e a spessore poco costante.



RELAZIONE GEOLOGICA

La degradazione fisico chimica di un ammasso roccioso flyschoidale si manifesta con diversa intensità sia in rapporto al "Tipo" di Flysch presente che in rapporto al suo assetto strutturale, al grado di suddivisione globale e all' esposizione del versante interessato.

Le porzioni più superficiali di un ammasso roccioso in facies di flysch, completamente alterate decomprese e disarticolate viene chiamato "Complesso C1":

- **"Complesso C1"**: Tale terreno superficiale deriva dalla completa alterazione della formazione marnoso-arenacea: è in genere costituito dal cosiddetto terreno vegetale nelle porzioni più prossime al piano di campagna, mentre in profondità può essere costituito da materiale alterato, decompresso e disarticolato dato da una matrice terroso - limoso - argillosa che ingloba, in proporzioni molto variabili, corpi detritici di arenaria e talora scaglie di marna. Le dimensioni dei corpi detritici di arenaria sono molto mutevoli in quanto predeterminate sia dallo spessore dei singoli strati che dal grado di fratturazione dell' ammasso roccioso con frammenti che possono essere di dimensioni granulari come pure raggiungere volumi di oltre 1 mc.

La litologia è data principalmente da limi argillosi e sabbiosi con frammenti litici da subangolosi ad angolosi di arenaria. Il materiale risulta da "coesivo", per la maggior presenza in origine delle marne, ad "incoerente" (substrato prevalentemente arenaceo).

La struttura originaria della roccia non è riconoscibile; il Complesso C1 subisce talora un certo rimaneggiamento e trasporto naturale (acqua e gravità) rispetto al punto della massa rocciosa da cui ha preso origine.

Lo spessore globale del C1 può essere molto variabile da zona a zona anche in punti limitrofi di una stessa area.

Le caratteristiche di deformabilità e di resistenza possono venir inquadrare nei procedimenti di analisi propri della "Meccanica dei Suoli"; le caratteristiche geotecniche globali sono in genere piuttosto scadenti e vengono notevolmente peggiorate dalla presenza di acqua (che accelera al massimo i processi di instabilizzazione sui pendii o sui fronti di scavo).

Al di sotto del "Complesso C1" è generalmente presente un ammasso roccioso che ha subito una parziale degradazione ed una certa disarticolazione:

- **"Complesso C2"**: tale porzione, che rappresenta un materiale da alterato a parzialmente integro, mostra con buona evidenza l' andamento della giacitura della stratificazione del Flysch specialmente dei Tipi T1, T2 e T3. In genere lo spessore di questo secondo "Complesso" varia mediamente da 0.5 a 3.0 metri potendosi avere anche spessori superiori a 5-6 metri.

Il "Complesso C2" è dato da alternanze di marne ed arenarie di colore marrone. Il materiale è alterato, degradato, fratturato e decementato, è però ben distinguibile l' originaria struttura della roccia con evidenti intercalazioni di strati di potenza centimetrica fortemente dislocati.

Soggiacente al C2 appare gradualmente il "Complesso C3":

- **"Complesso C3"**: Litotipo costituito da Flysch quasi integro (flysch da parzialmente alterato ad integro) anche se i litotipi che ne fanno parte possono presentare ancora tracce di una certa degradazione ed un grado di suddivisione secondaria. Le arenarie sono compatte e ben cementate, di color grigio; le marne in situ risultano integre e tenaci, color grigio azzurro e grigio piombo.



3.5 Aspetti morfologici.

I naturali processi tettonici e di erosione fluvio marina (questi ultimi collegati alle variazioni del livello medio mare) sono i fattori che maggiormente hanno condizionato la morfologia del Golfo di Trieste e delle sue porzioni collinari che vi si affacciano e su cui sorge la Città di Trieste.

I rilievi collinari modellati nei litotipi erodibili del *Flysch* degradano verso la linea di costa interrotti da incisioni o valli percorse dai corsi d'acqua che scendono dai rilievi. Lungo i versanti, a seconda delle caratteristiche del *Flysch*, della esposizione e dell'assetto stratigrafico, sono presenti accumuli di versante più o meno estesi e stabilizzati che si raccordano con le aree pianeggianti o subpianeggianti delle piane alluvionali (depositi di fondovalle) o delle zone di bonifica.

Parte della Città di Trieste, ma soprattutto la fascia costiera, come detto, è ricavata da bonifiche di antiche aree paludose o di saline o di costa bassa spesso rocciosa.

L'azione dell'uomo è quindi intervenuta in maniera decisa e determinante entro l'area cittadina modificando, nel tempo, la morfologia naturale dei luoghi e l'idrografia originaria, tanto da renderle il più delle volte irriconoscibili.

L'area oggetto di intervento (Figura n° 13) tratta dalla Carta Tecnica Regionale CTR Elemento 110131 "Porto Nuovo" e Elemento 110144 "Trieste Sud Ovest" possiede una morfologia di origine antropica, pianeggiante, determinata dai lavori di rimodellamento della linea di costa (che qui andava a formare un promontorio roccioso con scarpata) con riempimento e livellamento con materiali di riporto per una larghezza (dalla scarpata di S. Andrea - Campi Elisi sino al mare) variabile da 200 a più di 300/350 metri circa.

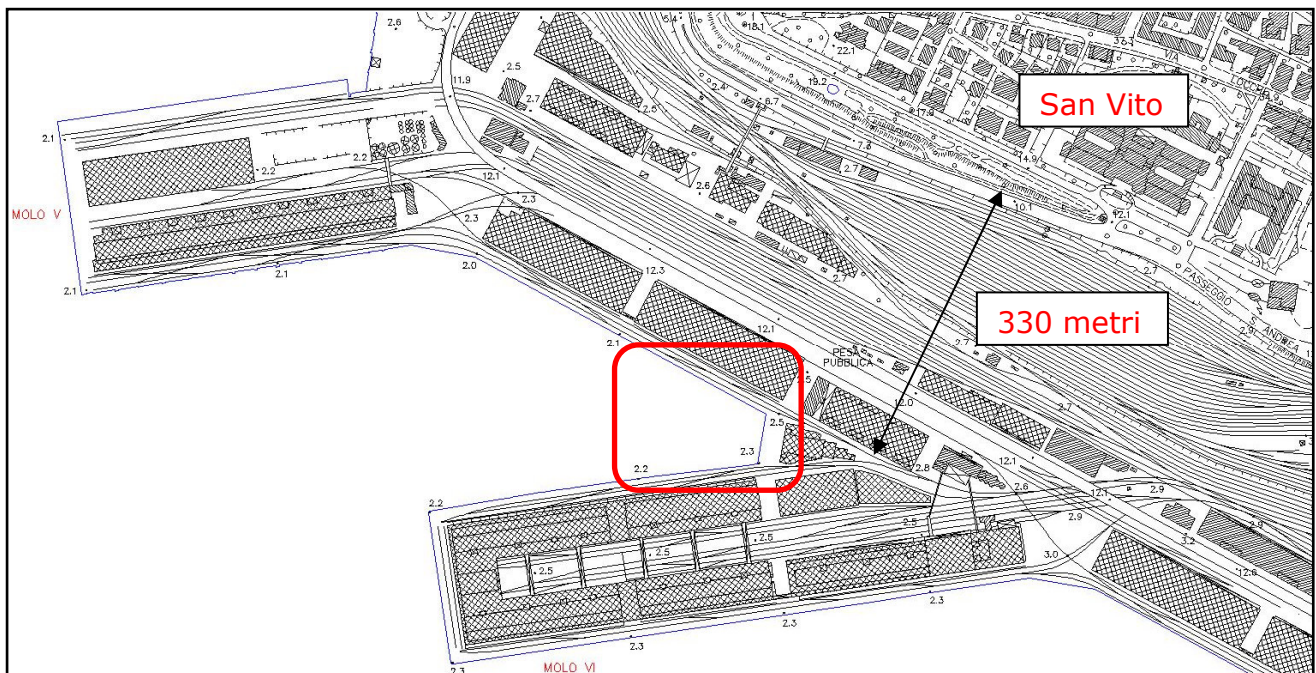


Figura n° 13: Zona oggetto di intervento (da CTR) con quote terreno.

La quota delle banchine è pari a +2.1 / +2.3 m.l.m. con quote di +2.7 / +2.9 m.l.m. nelle porzioni occupate dalle aree ferroviarie per poi verso Est (Passeggio S. Andrea) passare a quote



RELAZIONE GEOLOGICA

comprese da +3.5 a +10.1 m.l.m. della base del rilievo flyschoidale di San Vito – San Giusto (linea dell' antica costa a scarpata).

La zona compresa tra il mare ed il Passeggio S. Andrea – Viale dei Campi Elisi è occupata da edifici, magazzini, piazzali di movimentazione merci, linee ferrate e strade facenti parte delle attività portuali e di dogana.

3.6 Idrologia.

L' intera idrografia della zona di Trieste presenta un drenaggio con aste a grandi linee improntato da Nord Est a Sud Ovest, ad eccezione per l' alto corso del Torrente Farneto e per il medio corso del Torrente Settefontane che si sviluppano in valli orientate Sud Est – Nord Ovest.

Tutti i bacini idrografici hanno la linea dello spartiacque superiore nei terreni calcarei determinando una incongruenza tra lo spartiacque superficiale e quello sotterraneo.

I corsi d' acqua originari che nascono da sorgenti nel complesso flyschoidale e che solcavano la formazione arenaceo marnosa per poi sfociare a mare sono stati incanalati sotto la città per permettere lo sviluppo del Porto e delle aree urbane.

Ad esempio tra il Molo I ed il Molo II (Porto Vecchio) sfociava il Torrente di Roiano che raccoglieva le acque dai versanti di Scorcola-Cologna e Gretta e che attualmente scorre incanalato sotto il rione cittadino di Scorcola.

Tra il Molo III ed il Molo IV (Porto Vecchio) scorre sotto la Città l' asta del Torrente Farneto (che percorre Valle San Giovanni) e parte del Torrente Settefontane che percorre la Valle di Rozzol e che sfociava a mare presso l' attuale Piazza Goldoni.

Altri rii scorrevano ed incidono i versanti pendenti del Colle San Vito che scendeva a picco sul mare formando un promontorio (area del Porto Nuovo).

L' antica linea di costa proseguiva a scarpata (zona S. Andrea – Campi Elisi) ricevendo ancora brevi torrenti che scorrevano lungo l' insenatura a monte dell' area Arsenale-Lloyd-Cantiere San Marco; tra il promontorio di Servola ed il Monte Pantaleone scorreva il Rio Primario oggi ricoperto.

3.7 Idrogeologia.

In linea di massima si possono distinguere, per l' area di Trieste, n° 3 "Complessi Idrogeologici" cioè corpi geologici caratterizzati dalla presenza di Acquiferi:

- 1) "*Complesso Idrogeologico delle rocce lapidee permeabili per carsismo*": a tale Complesso appartengono le rocce calcaree della successione Mesozoica affiorante nel Carso Triestino le cui rocce presentano una elevata transitabilità per porosità fissurale e carsismo.
- 2) "*Complesso Idrogeologico delle rocce lapidee permeabili per porosità fissurale*": a tale Complesso appartengono le rocce marnoso arenacee del Flysch di Trieste a ridotta o assai bassa permeabilità (transitabilità bassa e molto bassa).
- 3) "*Complesso Idrogeologico delle rocce sciolte permeabili per porosità interstiziale*": a tale Complesso appartengono i depositi di detriti grossolani (riporto), di ghiaie, di ghiaie con



RELAZIONE GEOLOGICA

sabbia e limo, di sabbie, di peliti e di argille che, con permeabilità decrescente, formano le successioni di riporto antropico, alluvionali, colluviali ed eluviali.

I "Complessi Idrogeologici" (o "Formazioni Idrogeologiche") presenti nel territorio di Trieste risultano (ad eccezione delle rocce calcaree fessurate e carsificate) caratterizzati da una permeabilità per lo più da bassa a molto bassa.

Il substrato flyschoidale marnoso arenaceo è per lo più impermeabile o poco permeabile (per porosità interstiziale e fissurale) potendo a volte ospitare falde idriche in seno soprattutto alle facies arenacee fessurate (tali livelli possiedono generalmente una "transitabilità" da media a bassa) mentre la sua coltre di alterazione risulta sovente dotata di una discreta permeabilità (a seconda della composizione granulometrica) potendo ospitare modeste falde più o meno superficiali, a carattere per lo più temporaneo, e con alimentazione data da piccole sorgenti di contatto a sua volta alimentate dalle precipitazioni efficaci (per infiltrazione).

A Trieste la presenza di acqua nel Flysch è nota essendo stati censiti più di 700 pozzi che captano da falde superficiali un tempo sfruttate per uso agricolo e potabile (trattasi per lo più di "pozzi cisterna" di grosso diametro, spinti sino alla roccia in posto impermeabile).

I terreni alluvionali di fondovalle risultano costituiti, il più delle volte, da frammenti lapidei arenaceo marnosi in abbondante matrice limo argilloso sabbiosa; tali terreni risultano caratterizzati da permeabilità il più delle volte piuttosto basse (ad eccezione dei depositi ghiaiosi calcarei profondi della Valle di Zaule). Tali depositi di fondovalle sono sede di Acquiferi di varia estensione verticale ed orizzontale, spesso limitati alla base da depositi impermeabili argillosi o dal substrato flyschoidale, e la loro geometria ed estensione è determinata dalle condizioni strutturali e geomorfologiche del bacino.

Gli acquiferi contenuti in tale formazione idrogeologica non sono caratterizzati da elevate portate e non vengono se non raramente sfruttati; solamente nella Piana di Zaule, in cui sono presenti circa 40 metri di alluvioni ghiaioso sabbiose permeabili, sono presenti pozzi nella Zona Industriale a monte di Via Flavia. A valle di Via Flavia la circolazione idrica sotterranea (portata media valutata in 250 l/s) risulta diminuire a causa del maggiore spessore dei livelli argillosi (depositi marini) e per la minor permeabilità degli strati acquiferi.

A causa dell' eccessivo prelievo idrico per soddisfare le esigenze della Zona Industriale, si sono verificati fenomeni di intrusione del cono salino che hanno portato alla chiusura di molti pozzi.

Lungo la costa le aree di colmata e di riporto sono caratterizzate da una elevata permeabilità per porosità interstiziale (detriti grossolani); tali depositi sono talora sede di acquiferi alimentati dalle quantità di acqua infiltrata per piovosità diretta.

Tali acquiferi, a seconda della geometria del substrato, della quota e dell' estensione, risultano in connessione con il mare.

Nella fascia di raccordo tra il promontorio di San Vito costituito dal substrato arenaceo marnoso e dalla sua copertura di alterazione e l' area costiera di recente formazione antropica (riempimento a mare di materiali inerti) può essere presente un corpo idrico superficiale di tipo freatico alimentato dalle acque di origine meteorica oltre che da modeste venute d' acqua in corrispondenza dei livelli arenacei fessurati che vanno ad alimentare l' acquifero contenuto nei materiali inerti.



RELAZIONE GEOLOGICA

Nell' area più prossima alle banchine portuali (Moli) impostata su terreni di riporto poggianti su sedimenti marini in prevalenza limo argillosi sovrastanti il basamento roccioso non risultano presenti livelli permeabili sede di acquiferi con circolazione idrica.

Non risultano a tutt' oggi nell' area portuale punti di misurazioni freatiche (piezometri) atti a ricostruire l' andamento della superficie piezometrica, la direzione principale di deflusso delle acque sotterranee ed il gradiente idraulico medio per definirne anche i rapporti delle acque sotterranee alimentate dalle precipitazioni efficaci con il livello di base (livello medio mare).



3.8 Sismicità.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2004), riporta, per il Friuli Venezia Giulia, l'appartenenza ad aree sismogenetiche identificate dai numeri 904 e 905.

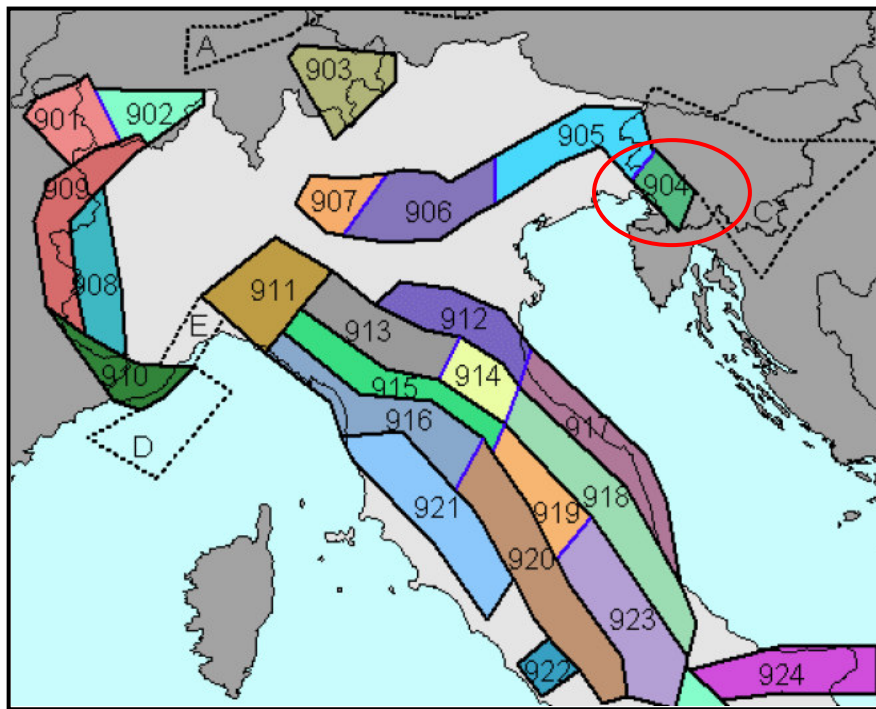


Figura n° 14: Zonazione Sismogenetica (Z29) INGV 2004 (da: "Zonazione sismogenetica Z29-App. 2 al Rapporto conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise", Anno 200).

L'area di Trieste (Figura n° 14) rientra nella Zona Sismogenetica 904, che, insieme alle zone 905 e 906, sono legate all'interazione Adria-Europa e caratterizzate dalla massima convergenza tra le placche adriatica ed europea con strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al., 1982; Slejko et al., 1989; Valsenise e Pantosti, 2001; Peruzza et al., 2002; Galadini et al., 2002) e, nelle aree ad Est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) (es. Bernardis et al., 2000; Bajc et al., 2001; Vrabec, 2001).

La zona 904 (Trieste-Montenevoso) comprende parte dell'Arco Alpino più orientale (Carso) sino ad oltre il confine italo-sloveno ed include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con Mw max 5.68. Il meccanismo di fagliazione principale è di tipo trascorrente con profondità efficace di 7 Km (ove per profondità efficace si intende la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità sismica della zona).

In generale l'adiacente Zona 905 si caratterizza per una sismicità di grado superiore sia per frequenza che per magnitudo degli eventi rispetto alle aree limitrofe del Sudalpino a causa del



RELAZIONE GEOLOGICA

movimento della placca Adriatica verso NW contro la zolla Europea sotto l' effetto della spinta della zolla Africana.

Sulla base del Database denominato DBMI15 realizzato dall' INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) realizzato nel 2015 e contenente le osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani, è stato possibile ricostruire la "Storia Sismica" di Trieste (Figura n° 15) che riporta, per l' area, n° 78 eventi con Intensità in sito compresa tra 4 e 8.5 (Evento del 1511 epicentro in Slovenia).

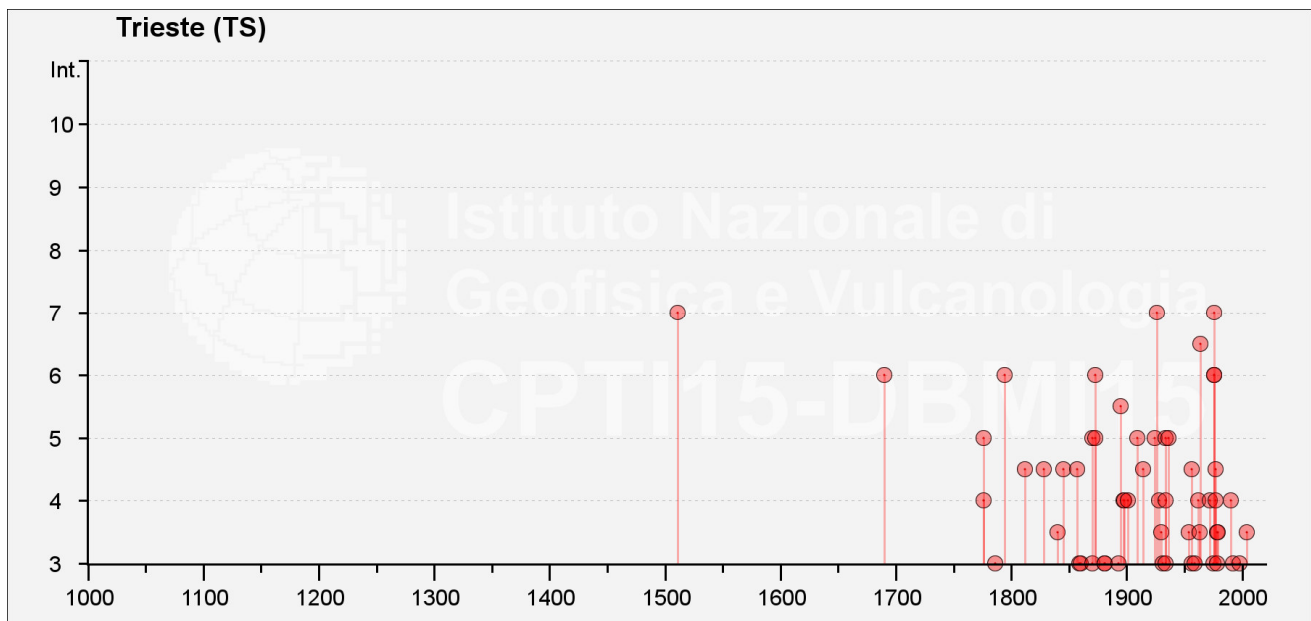


Figura n° 15: Storia Sismica di Trieste (da INGV: Database Macrosismico DBMI15).

Storia sismica di Trieste

[45.650, 13.772]

Numero di eventi: 78.

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I[MCS]	Data (Anno Mese Giorno Ora)	Ax	Np	Io	Mw
	7	1511/03/26: 15.30	Friuli-Slovenia	120	9	6,32
	6	1690/12/04: 14	Carinthia, Villach	60	8-9	6,16
	5	1776/04/24: 16.36	Costa croata settentrionale	3	7	5,1
	4	1776/07/10	Prealpi Friulane	19	8-9	5,82
	F	1781/04/04: 21.20	Faentino	96	9-10	6,12
	3	1786/12/25: 01	Riminese	90	8	5,66
	NF	1788/10/20: 21.10	Carnia	9	7-8	5,19
	6	1794/06/07: 00.45	Prealpi Friulane	19	8-9	5,96
	F	1802/01/04	Slovenia	8		
	F	1810/12/25: 00.45	Pianura emiliana	33	6	5,06



RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data (Anno Mese Giorno Ora)	Ax	Np	Io	Mw
4-5	1812/10/25: 07	Pordenonese	34	7-8	5,62
4-5	1828/04/11: 22.25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4,93
3-4	1840/08/27: 12.05	Tuhinj Valley	49	7	5,28
4-5	1845/12/21: 20.40	Ljubljana	5	5	4,16
F	1850/07/10: 02.30	Slovenia nord-occidentale	9	5	4,64
4-5	1857/03/07	Stiria	13	6-7	5,21
3	1859/01/20: 07.55	Prealpi Trevigiane	36	6	4,8
3	1860/07/19	Prealpi Trevigiane	10	6-7	4,92
3	1870/02/28: 11.20	Rijeka	8	5	4,56
5	1870/03/01: 20	Costa croata settentrionale	29	8	5,62
5	1873/03/12: 20.04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
6	1873/06/29: 03.58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6,29
2-3	1875/03/17: 23.51	Costa romagnola	144	8	5,74
F	1879/06/22: 04.15	Friuli	16	5-6	4,74
3	1881/01/24: 16.14	Bolognese	38	7	5,22
3	1881/02/12	Russi	13	5-6	4,69
2	1885/12/29	Alpago Cansiglio	47	6	4,96
2-3	1891/06/07: 01.06	Valle d'Illassi	403	8-9	5,87
F	1892/06/23: 23.20	Dolomiti Friulane	71	5-6	4,58
3	1893/10/27: 16.31	Bellunese	54	5	4,42
5-6	1895/04/14: 20.17	Ljubljana	810	8-9	5,98
F	1895/06/10: 01.47	Prealpi Trevigiane	73	6	4,85
2-3	1895/08/09: 17.38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
4	1897/07/15: 05.53	Ljubljana	325	6-7	4,99
4	1898/02/20: 04.57 26.00	Valli del Natisone	155	7	5,12
NF	1898/11/16	Garda occidentale	43	6	4,63
4	1901/10/30: 14.49 58.00	Garda occidentale	289	7-8	5,44
2-3	1908/07/10: 02.13 35.00	Carnia	119	7-8	5,31
5	1909/01/13: 00.45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
4-5	1914/10/27: 09.22	Lucchesia	660	7	5,63
5	1924/12/12: 03.29	Carnia	78	7	5,42
7	1926/01/01: 18.04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5,72
4	1928/03/27: 08.32	Carnia	359	9	6,02



RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data (Anno Mese Giorno Ora)	Ax	Np	Io	Mw
3-4	1930/10/30: 07.13	Senigallia	268	8	5,83
3	1931/12/25: 11.41	Friuli	45	7	5,25
3	1934/05/04: 13.56	Carnia	80	6	4,69
4	1934/06/08: 03.16	Dolomiti Friulane	21	5-6	4,93
5	1934/11/30: 02.58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5,3
2-3	1935/06/05: 11.48	Faentino	27	6	5,23
5	1936/10/18: 03.10	Alpago Cansiglio	269	9	6,06
2-3	1939/07/10: 16.27 53.00	Pordenonese	8	5	4,75
2	1943/07/24: 01.44	Feltrino	29	7	5,07
3-4	1954/10/11: 16.45 25.00	Friuli	36	6	4,76
4-5	1956/01/31: 02.25 33.80	Carniola interna	7		5,03
3	1956/11/05: 19.45	Carnia	27	6	5,04
3	1959/04/26: 14.45	Carnia	122	7-8	5,21
4	1962/01/23: 17.31	Costa pesarese	49	5	4,35
3-4	1963/08/09: 06.05	Romagna	16	5	5,23
6-7	1964/03/18: 16.43 20.79	Carso	2		4,36
NF	1967/12/09: 03.09 56.00	Adriatico centrale	22		4,36
2	1968/06/22: 12.21 37.00	Val Lagarina	27	6-7	4,74
4	1972/10/25: 21.56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
3	1975/03/24: 02.33 32.00	Carnia	24	5-6	4,51
6	1976/05/06: 20	Friuli	770	9-10	6,45
6	1976/09/11: 16.35 02.44	Friuli	40	7-8	5,6
7	1976/09/15: 09.21 19.01	Friuli	54	8-9	5,95
4	1977/04/03: 03.18 14.07	Friuli	25	5	4,51
4-5	1977/09/16: 23.48 07.64	Friuli	94	6-7	5,26
3	1978/12/05: 15.39 04.00	Romagna	34	4-5	4,61
3-4	1978/12/12: 15.14 49.22	Dolomiti Friulane	56	5-6	4,35
3-4	1979/04/18: 15.19 19.28	Friuli	72	6-7	4,66
F	1980/12/23: 12.01 06.00	Piacentino	69	6-7	4,57
2-3	1983/11/09: 16.29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4	1990/11/11: 22.16 25.00	Slovenia occidentale	101	5-6	4,59
3	1992/02/21: 20.50 32.40	Costa croata settentrionale	29	5-6	4,31
2-3	1998/03/13: 15.14 56.40	Carniola interna	46		4,25



RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data (Anno Mese Giorno Ora)	Ax	Np	Io	Mw
3	1998/08/31: 02.32 05.00	Slovenia centrale	77		4,31
3-4	2004/07/12: 13.04 06.00	Slovenia nord-occidentale	353		5,12

Dove:

I(MCS) = Intensità al sito. Ax = Area epicentrale, Np = numero di punti di intensità disponibili, Io = Intensità epicentrale, Mw = Magnitudo momento.

Tabella n° 1: Estratto dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI11) per il comune di Trieste; in giallo le intensità al sito >5.0.

Da tale Tabella si evince che la sismicità dell' area è prevalentemente generata nella zona sismogenetica identificata con il valore 905.

Come riportato nella "Carta della Sismicità del Friuli Venezia Giulia" (Figura n° 16 da: "Gli aspetti fisici del territorio regionale" della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale della Pianificazione Territoriale, anno 1996), la zona oggetto di intervento rientra tra le zone a "Sismicità Bassa" dove la massima intensità macrosismica osservata è compresa tra il VII e VIII grado della Scala MCS e la massima intensità attesa con periodo di ritorno di 200 anni è pari al VII grado della Scala MCS (Attività Sismica ≥ 0.1).

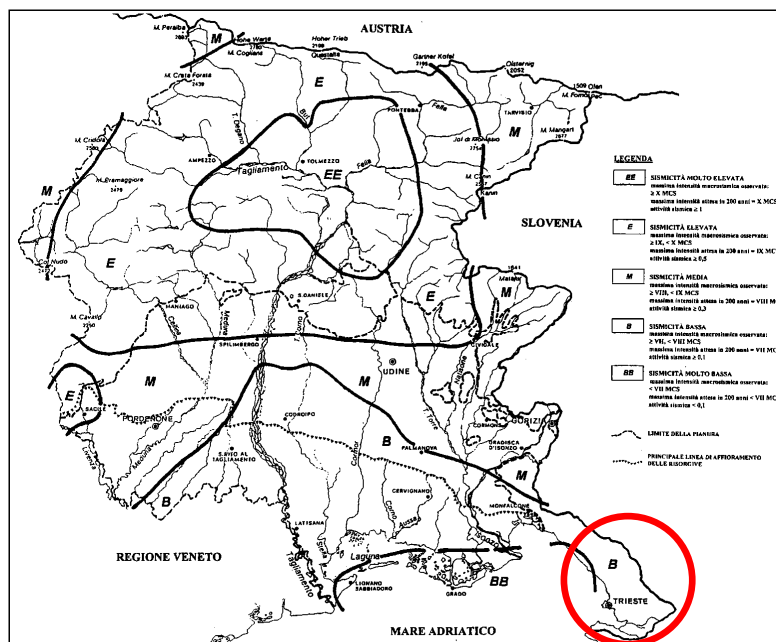


Figura n° 16: "Carta della Sismicità della Regione Friuli Venezia Giulia".

La Figura n° 17 riporta la "Carta delle Zone Sismiche" riferita ai Comuni della Regione Friuli Venezia Giulia, parte integrante dell'Allegato 1 di cui alla Delibera di Giunta Regionale n. 845 del 06.05.2010 mentre la Figura n° 18 riporta l' intensità macrosismica attesa con periodo di ritorno



RELAZIONE GEOLOGICA

di 475 anni da cui si evince che, per quanto riguarda il Comune di Trieste, sono attesi terremoti di intensità pari a 6 MCS.

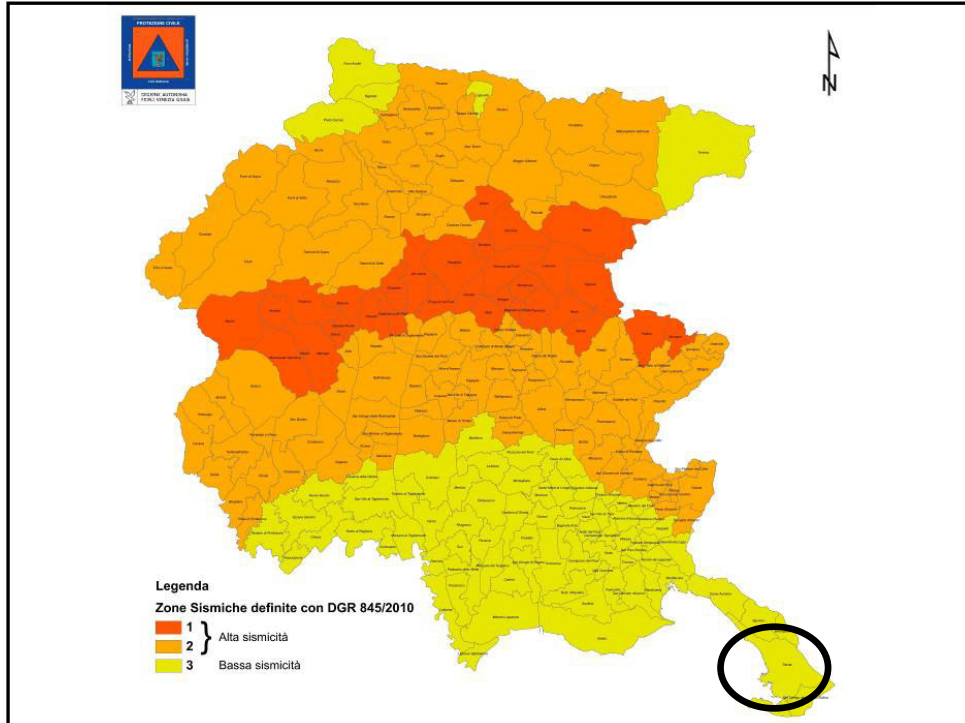


Figura n° 17: Classificazione Sismica Regione Friuli Venezia Giulia.

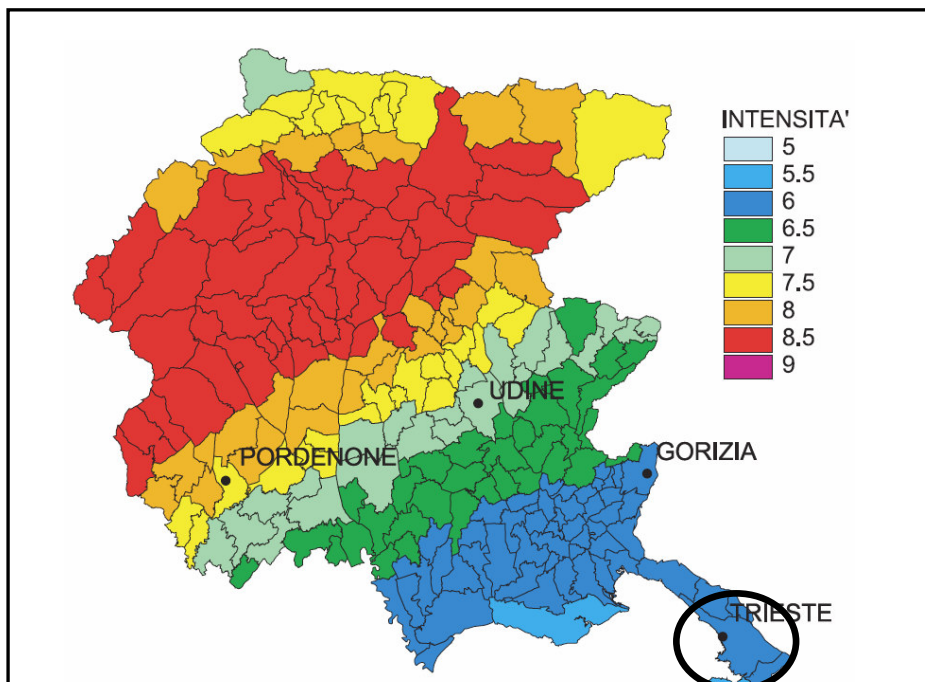


Figura n° 18: Intensità macrosismica con periodo di ritorno di 475 anni per la Regione Friuli Venezia Giulia (da: "Mappa del rischio sismico regionale ai fini della Protezione Civile" OGS, Anno 1999).



RELAZIONE GEOLOGICA

Il Comune di Trieste non è stato dichiarato "sismico" (Allegato alla Legge 25/11/1962 n° 1684 e aggiornato con successive modificazioni ed integrazioni).

Con l' "Ordinanza" n° 3274 del 20 Marzo 2003 della "Presidenza del Consiglio dei Ministri" sono state emanate le norme che definiscono i criteri generali per l' individuazione delle zone sismiche ai sensi dell' Art. n° 93, 1g) del Decreto Legislativo 112/1998 ai fini della formazione e dell' aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell' Art. 94, 2a) del medesimo decreto.

L' "Ordinanza Ministeriale" è stata recepita con "Deliberazione della Giunta Regionale" n° 2325 del 01/08/2003.

La Classificazione Sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia è stata definita nell' Allegato alla Delibera della Giunta Regionale n° 845 del 06/05/2010 pubblicata sul BUR n° 20 del 19/05/2010.

Sulla base di tale Classificazione il Comune di Trieste è inserito nella Zona 3 (con $0.05g < a_g \leq 0.175g$).

Codice ISTAT 2001	Denominazione:	Nuova Zona Sismica	Aree di Alta/Bassa Sismicità	Zone Sismiche previgenti (d.g.r. 2325/2003)
06032006	TRIESTE	3	Bassa	4

3.9 Pericolosità Sismica di base.

Per la definizione quantitativa della "pericolosità sismica di base", si può fare riferimento ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28.04.2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima orizzontale del suolo con diverse probabilità di superamento in 50 anni.

La mappa probabilistica della pericolosità sismica riportata in Figura n° 19 e Figura n° 20 è costruita su una griglia regolare a passo 0.05° ed è riferita ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Categoria di Suolo A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

L' area di Trieste è inseribile interamente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi sub-pianeggianti caratterizzati da $V_s > 800$ m/s compreso tra $0.100g - 0.150g$ (valori riferiti ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni - mappa 50° percentile).



RELAZIONE GEOLOGICA

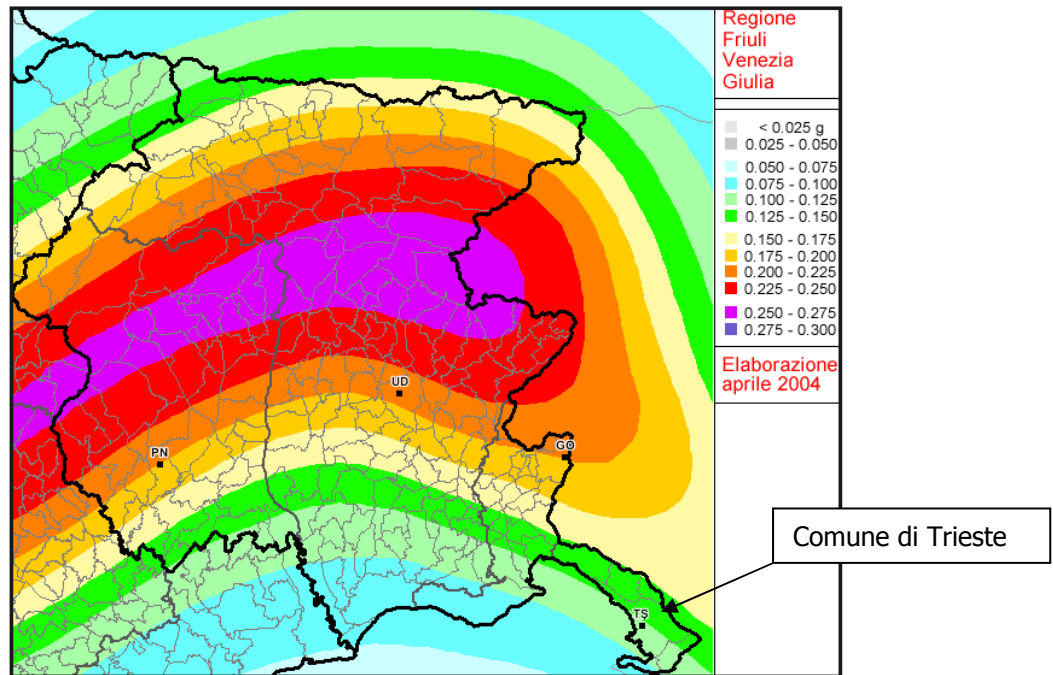


Figura n° 19: "Mappa della pericolosità sismica del Friuli Venezia Giulia espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s)"; ING, 2004.

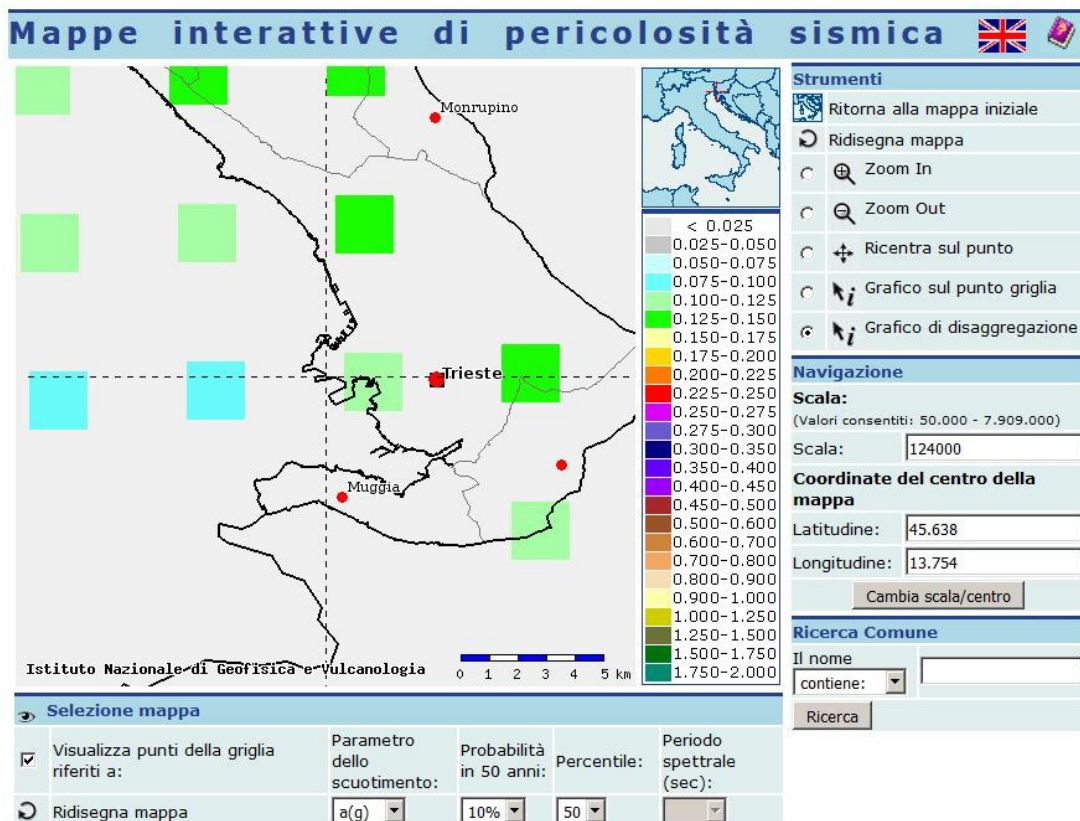


Figura n° 20: Estratto dalla Mappa di Pericolosità Sismica di base per l'area considerata.



RELAZIONE GEOLOGICA

Infine si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo-distanza di un evento. I grafici riportati sotto sono stati desunti dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell' INGV e sono relativi al punto della griglia definito nella figura precedente (Estratto dalla Mappa di Pericolosità Sismica di Base per l' area considerata).

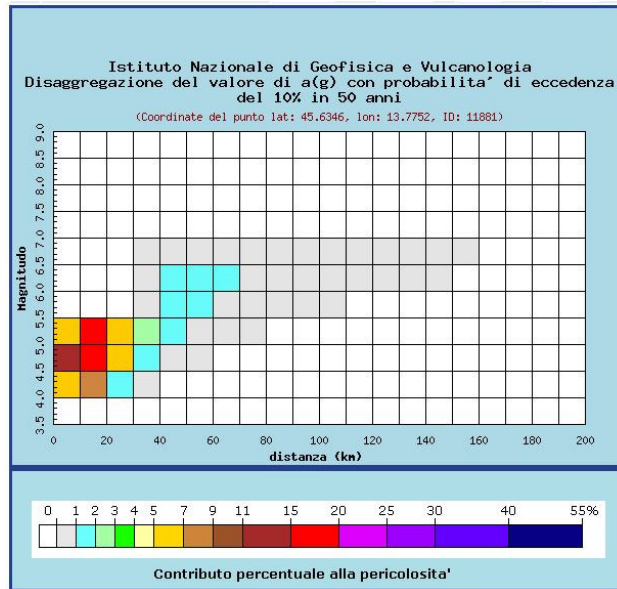


Figura n° 21: Grafico di disaggregazione della Pericolosità Sismica per l' area considerata.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6346, lon: 13.7752, ID: 11881)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	5.870	11.500	6.830	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.390	18.600	15.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.230	5.310	6.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.032	1.140	2.880	0.998	0.962	0.169	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.268	1.350	1.770	1.990	0.380	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.013	0.520	1.240	1.660	0.346	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.112	0.619	1.020	0.233	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.008	0.301	0.682	0.169	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.145	0.560	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.381	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.191	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.070	21.700	1.340

Figura n° 22: Tabella di disaggregazione della Pericolosità Sismica per l' area considerata.



RELAZIONE GEOLOGICA

La Tabella (Figura n° 22) mostra il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza alla pericolosità di base del punto di interesse. Nel caso del Comune di Trieste la massima percentuale, pari al 15-20%, si ha per terremoti compresi tra Magnitudo 4.5 e 5.5 nel range di distanza tra 10 e 20 Km.

Per il sito in esame il sito Web dell' INGV fornisce un valore medio di Magnitudo $M=5.07$ e distanza epicentrale $R=21.7$ Km.

Se si prendono in considerazione tutti i valori maggiori di zero, gli intervalli si ampliano sensibilmente, fino a comprendere magnitudo comprese tra 6.0 e 6.5 e distanze variabili da 20 a 70 Km, sia pure, per questi ultimi valori, con contributi percentuali molto bassi (1-2%).

Si fa presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al numero 904 e 905 (Figura n° 13), responsabile dei terremoti dell' Alto Friuli, viene considerata omogenea ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici, ovvero si ritiene che tutti i punti in essa contenuti abbiano la stessa probabilità di essere sede di eventi sismici e, in rapporto agli epicentri noti, non esisterebbe quindi l' effetto distanza.

Secondo quanto riportato nel paragrafo 2.8 degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica", per alcune tipologie di verifiche si potrebbe assumere come valore di Magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per la Zona 904 in cui il territorio di Trieste fa riferimento, vale $M_{wmax}=6.14$.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro	918, 919, 910	6.37
Nizza-Sanremo		
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura n° 23: Valori di M_w max per le varie Zone Sismogenetiche.



3.11 Pericolosità Naturali.

L' area oggetto di intervento non è inclusa tra le zone soggette a pericolosità naturali, come riportato in: *"Gli aspetti fisici del territorio regionale – Elementi e metodologie per gli strumenti di pianificazione"*, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale della Pianificazione Territoriale, Anno 1996.

Si segnala che parte dell' area portuale è inclusa nello *"Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Trieste MS1"*, Dott. Geol. P. Marsich (in via di approvazione), tra le "Zone di Attenzione per Liquefazione" per la presenza di depositi sabbiosi sciolti.



4.0 Indagini Geognostiche Integrative.

Nel mese di Marzo 2017 sono state effettuate dalla Ditta "Geotecnica Veneta S.r.l." di Martellago (VE), delle indagini integrative relative agli interventi di ampliamento della radice del Molo VI del Porto Franco Nuovo del Porto di Trieste (Progetto APT 1801).

Le indagini geognostiche integrative, effettuate nello specchio di mare compreso tra la banchina ed il Molo VI (Figura n° 2 - Elaborato GEO 0201), si sono articolate nell' esecuzione di:

- n° 2 Sondaggi geognostici S3 e S4 a carotaggio continuo, spinti sino a 26.3 metri livello mare (S3) e 27.8 metri livello mare (S4), completi di prelievo di campioni per analisi di laboratorio geotecnico e chimico e prove in sito:
 - SPT (Standard Penetration Test ASTM D1586/68) per la stima del grado di addensamento e consistenza dei terreni sciolti;
 - Vane Shear Test (prove scissometriche) con scissometro da foro Vane Borer (Geonor) per la misura della resistenza al taglio massima e residua dei termini coesivi limoso argillosi.
- n° 2 Sondaggi geognostici ambientali S1 e S2 a carotaggio continuo, spinti sino a 6.0 metri di profondità circa rispetto al fondale marino, con prelievo di campioni per analisi di laboratorio chimico e prove SPT.
- n° 1 acquisizione sismica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves") per la determinazione della velocità delle onde di taglio (Onde S) per il calcolo del parametro Vs30 (velocità delle Onde S entro i primi 30 metri di profondità) come da Normativa (NCT2008 - definizione della "Categoria di Suolo").
- Rilievo batimetrico.
- Rilievo magnetometrico.

Si rimanda al Rapporto di Indagine per ulteriori informazioni.



4.1 Sondaggi Geognostici.

4.1.1 Sondaggio S1.

Il **Sondaggio S1** (Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est N=5054578.088; E=2422851.866) è stato eseguito per scopi ambientali con prelievo di campioni per analisi di laboratorio chimico-fisiche, microbiologiche ed eco-tossicologiche dei sedimenti ai fini della pianificazione delle opere di dragaggio.

Il Sondaggio S1 è stato eseguito in data 13/03/2017 e ha come riferimento la quota media mare con fondale a -14.50 metri (battente d' acqua ore 9.00). La perforazione ha raggiunto la profondità di -20.25 metri, interessando 6.0 metri di terreno al di sotto della quota fondale marino.

I primi metri di fondale sono formati (-14.25 / -17.85 metri) da materiali fini limoso argillosi debolmente sabbiosi con tritume conchigliare e resti algali e vegetali; i depositi di fondale risultano caratterizzati da una bassissima consistenza (Pocket Penetrometer < 10 KPa, Tor Vane < 5 KPa).

Da -17.85 a -19.25 metri di profondità (da quota mare 0.00) è presente un terreno limoso argilloso, organico e torboso con P.P.=20 KPa e Tor Vane=7 KPa, passante inferiormente ad un deposito limoso argilloso grigio con frammenti lapidei marnoso arenacei subangolari, probabile livello di alterazione del substrato flyschoido ("Complesso C1" - "Complesso C2").

Le prove SPT in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:

Quota:	N1	N2	N3	N _{SPT}
-15.75 metri	1	0	1	1
-17.25 metri	1	1	2	3
-18.75 metri	3	3	3	6

4.1.2 Sondaggio S2.

Il **Sondaggio S2** anche questo con finalità ambientali (Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est N=5054605.786; E=2422869.466) è stato eseguito in data 09/03/2017 ed ha come riferimento la quota media mare con fondale a -9.75 metri (battente d' acqua ore 8.00); il Sondaggio S2 ha raggiunto la profondità di -15.75 metri, interessando 6.0 metri di terreno al di sotto della quota fondale marino.

Il fondale risulta qui costituito (-9.95 / -14.35 metri) da blocchi calcarei ed arenacei (60 cm di diametro), ciottoli e ghiaia di varia pezzatura (al tetto anche vetri, pezzi di ferro e di stoffa), in matrice limoso argillosa nerastra; trattasi di un fondale a consistenza fangosa e sabbiosa sciolta e molto sciolta (-13.95 / -14.35 metri) che ha "digerito" / inglobato sino in profondità materiale grossolano.

Da -14.35 a -15.75 metri è presente un deposito limo argilloso grigio verdastro con frammenti di conchiglie al tetto e puntature carboniose e vegetali; trattasi di un deposito continentale (della trasgressione marina Olocenica) di copertura del substrato roccioso (non intercettato dal Sondaggio S2).

Le prove SPT in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:



RELAZIONE GEOLOGICA

Profondità:	N1	N2	N3	N _{SPT}
-11.25 metri	2	50 (R)	-	-
-13.25 metri	1	3	50 (R)	-
-14.25 metri	5	3	3	6

4.1.3 Sondaggio S3.

Il **Sondaggio S3** (Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est N=5054612.790; E=2422850.288) eseguito in data 06/03/2017 ha come riferimento la quota media mare con fondale a -10.20 metri (battente d' acqua ore 15.00) ed ha raggiunto la profondità di -26.30 metri.

Le porzioni più superficiali del fondale risultano qui costituite (-10.20 / -12.20 metri) da un primo strato con ciottoli (diametro 15 cm), ghiaia calcarea subarrotondata, pezzi di ferro e frammenti di laterizi, plastica e tritume conchigliare in matrice limoso argillosa grigio scuro-nerastro e da limo argilloso color grigio con ghiaia e ciottoli (-12.20 / -13.50 metri) con P.P.<10 KPa e Tor Vane < 5.0 KPa; trattasi dei primi livello di fondale a consistenza fangosa e/o molto soffice che hanno "digerito" / inglobato elementi grossolani sino in profondità.

Il deposito marino pelitico / di transizione si estende sino a -14.7 metri (limo argilloso grigio chiaro con gusci di bivalvi e sostanze organiche e vegetali); seguono sabbie medie e fini debolmente limose color grigio con elementi di ghiaia fina e di ghiaia medio fina con sabbia (-14.70 / -15.50 metri).

Da -15.50 a -19.10 metri il Sondaggio S3 ha attraversato un deposito continentale consistente (P.P.=150-250 KPa, Tor Vane > 55-100 KPa, Vane Test in foro Max >150 KPa, Res. = 39 KPa, N_{SPT}=15), limoso argilloso color grigio nocciola con chiazze ocracee.

Il "Cappellaccio" di alterazione del substrato flyschoidale (Complesso C1 - C2) è stato intercettato da -19.10 a -21.40 metri e risulta costituito da scaglie lapidee disarticolate ed alterate in matrice limo argilloso sabbiosa color marrone nocciola; trattasi di un terreno molto addensato e compatto (le prove SPT hanno fornito "Rifiuto" all' avanzamento).

Il substrato roccioso marnoso arenaceo risulta molto fratturato e disgiunto (per stratificazione sottile centi-decimetrica) con valori R.Q.D. ("Rock Quality Designation") compresi tra 0 e 37.

Le prove SPT in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:

Profondità:	N1	N2	N3	N _{SPT}
-16.20 metri	3	6	9	15
-19.20 metri	50 (R)			-
-20.70 metri	50 (R)			-

Le prove Vane Test in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:

Profondità:	Max (Kpa)	Residua (KPa)
-17.20 metri	148	39
-17.70 metri	> 150	-



RELAZIONE GEOLOGICA

L'Indice R.Q.D. (carotaggio in roccia) è risultato il seguente:

Intervallo:	R.Q.D. %	Qualità Ammasso
-21.40 / -22.90	37	Scadente
-22.90 / -23.90	0	Molto scadente
-23.90 / -25.40	16	Molto scadente
-25.40 / -26.30	20	Molto scadente

4.1.4 Sondaggio S4.

Il **Sondaggio S4** (Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est N=5054568,710; E=2422839,071), eseguito in data 13-16/03/2017, ha come riferimento la quota media mare con fondale a -14.80 metri (battente d'acqua ore 14.00 del 13/03/2017: -14.30 metri; battente d'acqua ore 8.00 del 16/03/2017: -14.20 metri).

Il Sondaggio S4 ha raggiunto la profondità di -27.80 metri.

Nelle porzioni più superficiali del fondale (-14.80 / -17.30 metri), formato da un materiale a consistenza fangosa molto soffice limo argilloso color nerastro (P.P.<10 KPa, Tor Vane<5.0 KPa), sono presenti elementi di ghiaia, frammenti di plastica e ciottoli con tritume conchigliare.

Seguono sabbie medio fini, per lo più debolmente limose color grigio (-17.30 / -18.20 metri), che ricoprono un blocco calcareo di 30 cm di diametro "digerito" ed inglobato in profondità a causa della bassa consistenza del fondale fangoso.

Segue un deposito continentale consistente e molto consistente costituito da -15.50 a -22.20 metri da limo argilloso da bruno a grigio, con chiazze ocracee (P.P.=150-270 KPa, Tor Vane > 60-100 KPa), a tratti con presenza di elementi ghiaiosi.

Da -22.20 a -23.80 metri si estendono i cosiddetti "Complessi C1-C2" ("Cappellaccio di alterazione - Flysch degradato) costituiti da corpi detritici e livelli alterati e molto alterati marnosi ed arenacei in matrice fina limo argillosa color marrone nocciola; trattasi di un terreno molto addensato e compatto (le prove SPT hanno fornito "Rifiuto" all'avanzamento).

Il flysch, da parzialmente alterato e disarticolato nelle porzioni più superficiali a parzialmente integro, si estende da -23.80 metri.

Il substrato roccioso marnoso arenaceo risulta molto fratturato e disgiunto (per stratificazione sottile centi-decimetrica) con valori R.Q.D. ("Rock Quality Designation") compresi tra 0 e 12 (Ammasso roccioso "Molto Scadente").

Le prove SPT in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:

Profondità:	N1	N2	N3	N _{SPT}
-15.80 metri	0	1	1	2
-17.30 metri	1	2	1	3
-22.30 metri	50 (R)			-
-23.30 metri	50 (R)			-



RELAZIONE GEOLOGICA

Le prove Vane Test in foro di sondaggio hanno fornito i seguenti valori:

Profondità:	Max (Kpa)	Residua (KPa)
-16.30 metri	36	12
-16.80 metri	42	14

L'Indice R.Q.D. (carotaggio in roccia) è risultato il seguente:

Intervallo:	R.Q.D. %	Qualità Ammasso
-23.80 / -24.80	0	Molto scadente
-24.80 / -25.80	12	Molto scadente
-25.80 / -26.80	0	Molto scadente
-26.80 / -27.80	0	Molto scadente

SONDAGGIO N° 1	COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE	CANTIERE: MOLO VI - PORTO DI TRIESTE	PRATICA N. P17/010	DOC. N. 17/010/S-1
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Livello Medio Mare	Data inizio: 13/03/17	Data ultimazione: 13/03/17	Elaborato Controllato REV. DATA
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: PUNTEL tipo PX-600	D.R. D.M. 0.0 14/03/17

Profondita' in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:
		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
0	-14.25	0.80	A	0.00		BATTENTE D'ACQUA ALLE ORE 9:00 = m. 14.50	<10	<5										<ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▲ Campione rimaneggiato * Campione per componenti volatili in contenitori vial ● Campione medio per analisi chimiche in tre contenitori di vetro
			B	0.50		Limo argilloso debolmente sabbioso grigio scuro, con tritume conchigliare, gusci di bivalvi e frustoli vegetali.	<10	<5	1.50	1	15							PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE CON FUSTELLA IN PVC INCORPORATA Ø 131 mm. tra m. 0.00 e m. 3.00 Ø 101 mm. tra m. 3.00 e m. 6.00 CAROTIERE: Ø tra m. e m. TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 5.00 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m. ASTE Ø mm. 76 CASSETTE CATALOGATRICI N° : 2 STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
			C	1.00		Limo argilloso grigio, con tritume conchigliare e gusci di bivalvi, debolmente sabbioso da m 3.00.	10	5		0	30							
			D	1.50		1) S.P.T. con punta conica a m 1.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 18.80 m .	<10	5		1	45							
			E	2.00		2) S.P.T. con punta conica a m 3.00; aste (Ø 50 mm) + punta = 20.30 m .	<10	5	3.00	1	15							
			F	3.00		Limo argilloso debolmente sabbioso grigio, a tratti debolmente torboso grigio - marrone, con punti eterometrici di torba e frustoli vegetali.	20	7		1	30							
			G	4.00		3) S.P.T. con punta conica a m 4.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 21.80 m .			4.50	3	15							
			H	5.00		Limo argilloso grigio, con elementi di ghiaia media e grossa calcarea subangolare (cappellaccio di alterazione del Flysch).				3	30							
				6.00						3	45							
																		H ₂ O in fase di perforazione DATA ORA RIV. H ₂ O



NOTE :

- Eseguito ulteriore carotaggio per il recupero di materiale necessario al campionamento, con carotiere Ø 131 mm fino a m 3.00 dal piano fondale.

SONDAGGIO N° 2	COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE	CANTIERE: MOLO VI - PORTO DI TRIESTE	PRATICA N. P17/010	DOC. N. 17/010/S-2
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Livello Medio Mare	Data inizio: 09/03/17	Data ultimazione: 09/03/17	Elaborato Controllato REV. DATA
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: PUNTEL tipo PX-600	D.R. D.M. 0.0 13/03/17

Profondita' in m.		Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:				
Prog.	Parz.		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa						Res kPa			
																			<p>■ Campione indisturbato OSTERBERG</p> <p>◼ Campione indisturbato SHELBY</p> <p>▼ Campione rimaneggiato S.P.T.</p> <p>▲ Campione rimaneggiato</p> <p>* Campione per componenti volatili in contenitori vial</p> <p>● Campione medio per analisi chimiche in tre contenitori di vetro</p> <hr/> <p>PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO</p> <p>CAROTIERE: SEMPLICE</p> <p>Ø 131 mm. tra m. 0.00 e m. 6.00</p> <p>CAROTIERE: Ø mm. tra m. e m.</p> <p>CAROTIERE: Ø mm. tra m. e m.</p> <hr/> <p>TUBI DI RIVESTIMENTO</p> <p>Ø 152 mm. tra m. 0.00 e m. 5.00</p> <p>Ø mm. tra m. e m.</p> <p>Ø mm. tra m. e m.</p> <hr/> <p>ASTE Ø mm. 76</p> <p>CASSETTE CATALOGATRICI N°: 2</p> <p>STRUMENTAZIONE INSTALLATA:</p> <hr/> <p>H₂O in fase di perforazione</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black;">DATA</td> <td style="border: 1px solid black;">ORA</td> <td style="border: 1px solid black;">RIV.</td> <td style="border: 1px solid black;">H₂O</td> </tr> </table>	DATA	ORA	RIV.	H ₂ O
DATA	ORA	RIV.	H ₂ O																				
						BATTENTE D'ACQUA ALLE ORE 8:00 = m. 9.90																	
						<p>Tritume conchigliare, con ghiaia grossa calcarea subarrotondata, in scarsa matrice limosa nerastra; presenti tondini di ferro.</p> <p>Ghiaia grossa calcarea subarrotondata, con ciottoli, in matrice limosa nerastra; presenti frammenti di plastica, di stoffa e di vetro.</p> <p>Blocco calcareo.</p> <p>Limo argilloso nerastro inconsistente, con gusci di bivalvi ed elementi di ghiaia.</p> <p>Blocco calcareo.</p> <p>Ghiaia grossa calcarea subangolare, con scarsa matrice limosa nerastra.</p> <p>Blocco calcareo.</p> <p>Ghiaia grossa e media calcarea subangolare, in scarsa matrice limosa nerastra.</p> <p>Trovante calcareo.</p> <p>Limo argilloso nerastro inconsistente, con gusci di bivalvi, ghiaia media e grossa calcarea subangolare e punti di sostanze organiche vegetali.</p> <p>Blocco di calcareo.</p> <p>Sabbia fine e media debolmente limosa grigia, con ghiaia fine e media.</p> <p>Limo argilloso grigio - verdastro, con frammenti di conchiglie e punti di sostanze organiche vegetali.</p> <p>1) S.P.T. con punta conica a m 1.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 14.30 m .</p> <p>2) S.P.T. con punta conica a m 3.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 16.30 m .</p> <p>3) S.P.T. con punta conica a m 4.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 17.30 m .</p>																	



NOTE :

- Eseguito ulteriore carotaggio per il recupero di materiale necessario al campionamento, con carotiere Ø 131 mm fino a m 3.00 dal piano fondale;
- Eseguito ulteriore carotaggio per il recupero di materiale necessario al campionamento, con carotiere Ø 131/152 mm fino a m 5.50 dal piano fondale;

SONDAGGIO N° 3	COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE	CANTIERE: MOLO VI - PORTO DI TRIESTE	PRATICA N. P17/010	DOC. N. 17/010/S-3
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Livello Medio Mare	Data inizio: 06/03/17	Data ultimazione: 07/03/17	Elaborato Controllato REV. DATA
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.	Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: PUNTEL tipo PX-600		D.R. D.M. 0.0 13/03/17

Profondita' in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:
		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
0-10.20						BATTENTE D'ACQUA ALLE ORE 15:00 = m. 10.50												<ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▲ Campione rimaneggiato * Campione per componenti volatili in contenitori vial ● Campione medio per analisi chimiche in tre contenitori di vetro
0.50		A				Ghiaia prevalentemente media e fine calcarea subarrotondata, in scarsa matrice limosa e sabbiosa nerastra, con gusci di bivalvi, tritume conchigliare, pezzi di ferro, frammenti di cotto e di plastica; da m 1.00 matrice limosa più abbondante e presenza di ciottoli calcarei (Ø max 15 cm).												PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 11.20 CAROTIERE: DOPPIO CON CORONA DIAMANTATA Ø 101 mm. tra m. 11.20 e m. 16.10 CAROTIERE: Ø tra m. e m.
1.00		B				Limo argilloso grigio chiaro, con ghiaia grossa, ciottoli e gusci di bivalvi.												
1.50		C				Limo argilloso grigio chiaro, con gusci di bivalvi e punti di sostanze organiche vegetali; presenti elementi di ghiaia nella parte alta.	10	<5										TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 11.50 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m.
2.00		D				Sabbia media e fine debolmente limosa grigia, con elementi di ghiaia fine e media calcarea subarrotondata.	<10	<5										
2.30		E				Ghiaia fine e medio fine calcarea subarrotondata, con sabbia media e fine debolmente limosa grigia.	130	60										ASTE Ø mm. 76 CASSETTE CATALOGATRICI N° : 4 STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
3.00		F				Limo argilloso grigio, con punti di sostanze organiche vegetali.	100	52	6.00	3	15							
4.00		G				Limo argilloso grigio - verdastro, con punti di sostanze organiche vegetali e punti di ossidazione ocra.	150	65		6	30	148	39	7.00				H ₂ O in fase di perforazione DATA ORA RIV. H ₂ O
5.00		H				1) Prova Vane Shear Test a m 7.00. 2) Prova Vane Shear Test a m 7.50.	250	>100		9	45	>150	-	7.50				
6.00						Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso grigio - nocciola, con screziature e punti di ossidazione ocra.	220	>100										
7.00						Limo argilloso nocciola, con ghiaia grossa e media, calcarea ed arenacea subangolare; da m 10.50 presenti tratti cementati. (Cappellaccio di alterazione del Flysch).	230	>100										
8.00						2) S.P.T. con punta conica a m 9.00; aste (Ø 50 mm) + punta = 21.80 m .	220	>100	9.00	50	11							
9.00						3) S.P.T. con punta conica a m 10.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 18.80 m .	>600	>100										
10.00						Marna calcarea grigio - nocciola fratturata, con rari livelli centimetrici di arenaria bruno - rossastra; da m 12.70 fortemente fratturata con fessure riempite di materiale limoso.	>600	>100	10.50	50	11							
11.00				37%														
12.00				0%														
13.00				16%														
14.00				20%														
15.00																		
16.00																		
17.00																		
18.00																		
19.00																		
20.00																		



NOTE :

- Eseguito ulteriore carotaggio per il recupero di materiale necessario al campionamento, con carotiere Ø 101/127 mm fino a m 4.00 dal piano fondale;
- Eseguito ulteriore carotaggio per il recupero di materiale necessario al campionamento, con carotiere Ø 101 mm fino a m 3.00 dal piano fondale.

SONDAGGIO N° 4	COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE DI TRIESTE	CANTIERE: MOLO VI - PORTO DI TRIESTE	PRATICA N. P17/010	DOC. N. 17/010/S-4
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Livello Medio Mare	Data inizio: 13/03/17	Data ultimazione: 16/03/17	Elaborato Controllato REV. DATA
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: PUNTEL tipo PX-600	D.R. D.M. 0.0 17/03/17

Profondita' in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:
		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
0						BATTENTE D'ACQUA ALLE ORE 14:00 DEL 13/03/17 = m. 14.30 BATTENTE D'ACQUA ALLE ORE 8:00 DEL 16/03/17 = m. 14.20												<ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▲ Campione rimaneggiato * Campione per componenti volatili in contenitori vial ● Campione medio per analisi chimiche in tre contenitori di vetro
-14.80	0.20					Tritume conchigliare con elementi di ghiaia media e limo argilloso nerastro. Limo argilloso debolmente sabbioso nerastro, con gusci di bivalvi, tritume conchigliare e frustoli vegetali; presenti frammenti di plastica al tetto ed un ciottolo calcareo a m 1.40.	10	<5										PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 9.00 CAROTIERE: DOPPIO CON CORONA DIAMAMANTATA Ø 101 mm. tra m. 9.00 e m. 13.00 CAROTIERE: Ø tra m. e m.
-15.00	2.30					1) S.P.T. con punta conica a m 1.00; aste (Ø 50 mm) + punta = 18.30 m . 2) Prova Vane Shear Test a m 1.50. 2) Prova Vane Shear Test a m 2.00.	<10	<5	1.00	0	15							
-17.30	0.90					Sabbia fine e media debolmente limosa grigia.	<10	<5		1	30	36	12	1.50				
-18.20	0.30					Blocco di calcare.	10	5		1	45	42	14	2.00				
-18.50	2.30					Limo argilloso da bruno a grigio, con punti di ossidazione ocra e grigio scuri; presenti da m 4.90 alcuni elementi di ghiaia media e grossa, calcarea ed arenacea subangolare.	20	8	2.50	1	15							TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 9.50 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m.
-20.80	1.40					Limo argilloso nocciola, con screziature ocra.	150	62		2	30							
-22.20	1.60					3) S.P.T. con punta conica a m 7.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 24.80 m . Limo argilloso nocciola, con screziature e punti di ossidazione ocra; presenti elementi di ghiaia media e grossa, calcarea ed arenacea subangolare fino a m 8.60 e livelli millimetrici cementati da m 8.60.	230	>100		1	45							
-23.80	4.00					4) S.P.T. con punta conica a m 8.50; aste (Ø 50 mm) + punta = 25.80 m . Calcarea marnoso grigio, fortemente fratturato, con fratture riempite di materiale limoso ed argilloso (Flysch).	230	>100		2	30							
-27.80							>600	>100	8.50	50	12							ASTE Ø mm. 76 CASSETTE CATALOGATRICI N° : 3 STRUMENTAZIONE INSTALLATA: H ₂ O in fase di perforazione DATA ORA RIV. H ₂ O





4.2 Indagine Geofisica (M.A.S.W.).

Nell'Elaborato GEO 0201 e nella Figura n° 2 è riportata l'ubicazione dello stendimento sismico effettuato per definire la velocità media delle onde sismiche di taglio (Onde S) per la ricostruzione, mediante l'interpretazione delle proprietà dispersive delle Onde S, il profilo VS30 (Velocità delle Onde S entro i primi 30 metri).

L'indagine M.A.S.W. ("Multichannel Analysis of Surface Waves") si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

Tale metodologia sismica permette, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Rayleigh (o Love) generate da masse battenti, di generare un profilo V_s in funzione della profondità.

L'intero processo ha compreso tre passi successivi:

1. acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante sismografo digitale ECHO 12-24 2002 -Ambrogeo, utilizzando uno stendimento con 24 geofoni 4.5 Hz, L=33 metri.
2. costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s che descrive la variazione di V_s con la profondità.

L'inversione della curva di dispersione (Figura n° 24) è stata successivamente realizzata iterativamente, per definire il profilo VS30.

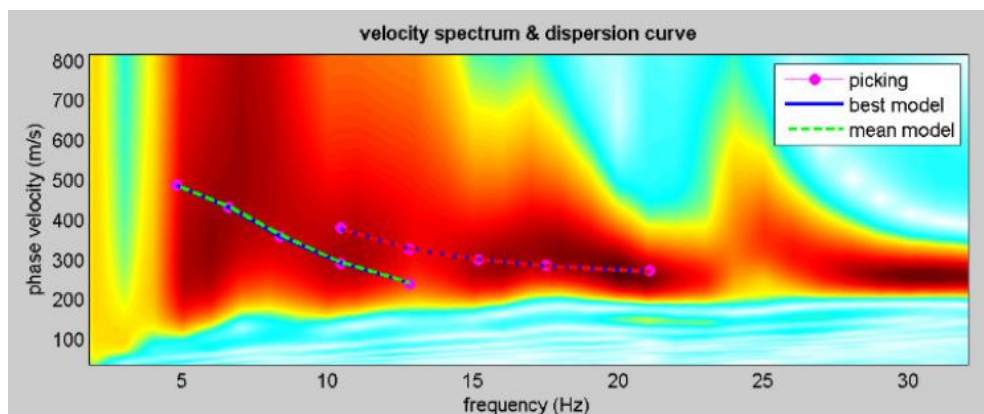


Figura n° 24: Indagine M.A.S.W.: Curva di dispersione.



RELAZIONE GEOLOGICA

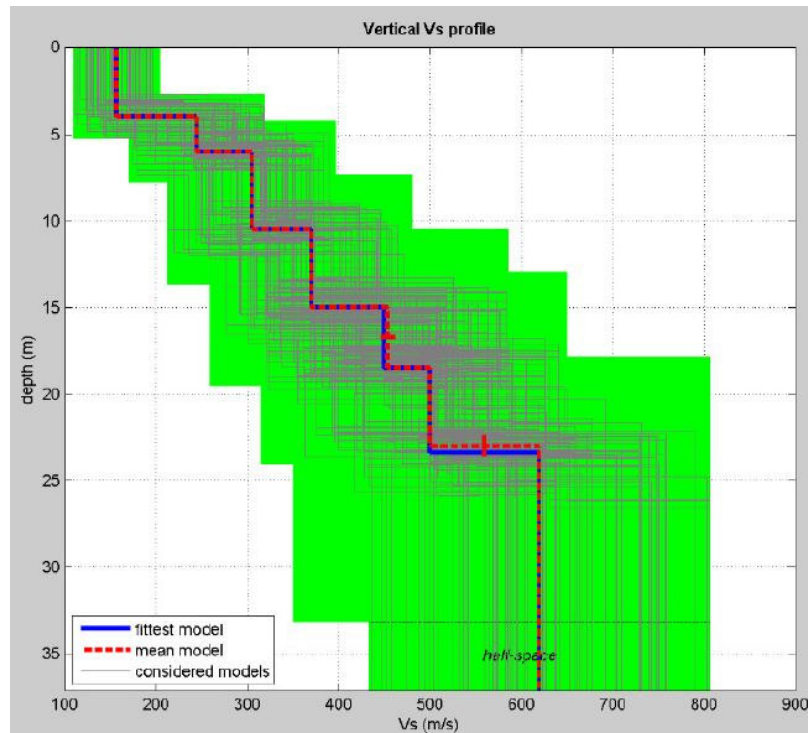


Figura n° 25: Profilo Vs.

Il profilo verticale delle Onde S (Vs30) ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna (Rapporto "Geotecnica Veneta"), è risultato il seguente:

Spessore Strato (m)	Vs (m/s)
4	157
2	245
4.5	305
4.5	370
3.5	450
4.9	500
Inf.	600

La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30), calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

è pari a Vs30 = 338 m/s.



RELAZIONE GEOLOGICA

Nella seguente Tabella sono riportate le velocità indicative V_s (m/s) per alcune famiglie di terreni:

Materiale	V_s (m/s)
Torbe (materiali con alta percentuale di componente organica):	60 - 110
Suolo (sedimenti non consolidati):	110 - 200
Suoli compatti e ghiaie:	200 - 500
Roccia tenera o alterata, ghiaie cementate, conglomerati:	500 - 1200
Roccia (massiccia):	> 1200

Dall' esame dei dati dell' Indagine M.A.S.W. si ricava che il substrato roccioso in facies di Flysch intercettato con i sondaggi meccanici a carotaggio continuo S3 e S4 a partire da quota -21.40 / -23.80 metri livello mare, possiede una velocità $V_s=620$ m/s.

Le velocità dei materiali di riporto e di copertura del substrato possiedono velocità V_s comprese tra 157 e 500 m/s circa.

Si ritiene l' indagine geofisica non del tutto rappresentativa della situazione litostratigrafica dell' area oggetto di intervento, essendo stata questa effettuata in corrispondenza del limite della banchina; presumibilmente la presenza delle strutture antropiche (blocchi che costituiscono la banchina) ha fornito valori di velocità non corrispondenti ai terreni sciolti e molto soffici incontrati nel corso dei sondaggi (sedimenti pelitici marini e materiali sciolti antropici).

4.3 Rilievo batimetrico.

Il rilievo batimetrico eseguito con strumentazione "Multibeam Echo-Sounder" mediante idonea motobarca idrografica, con calibrazione con caposalda IGM (CT-GPS 53°903).

La restituzione planimetrica delle quote e delle curve di livello è riportata nella Figura n° 2 (Batimetria Fondale e Planimetria Indagini Geognostiche Scala 1:1.000) da cui si evince una quota variabile da -10.0 a -15.0 metri del fondale (rispetto quota medio mare); la profondità del fondale aumenta, in corrispondenza della banchina lato Nord del Molo VI, con una inclinazione media di circa 9°-10° verso il centro del bacino mentre nel lato Nord della banchina la profondità media rimane compresa tra -10.0 e - 11.5 metri sino ad una distanza di circa 35-40 metri dal limite della banchina stessa per poi approfondirsi dolcemente sino a -14.0 / -15.0 metri.



RELAZIONE GEOLOGICA

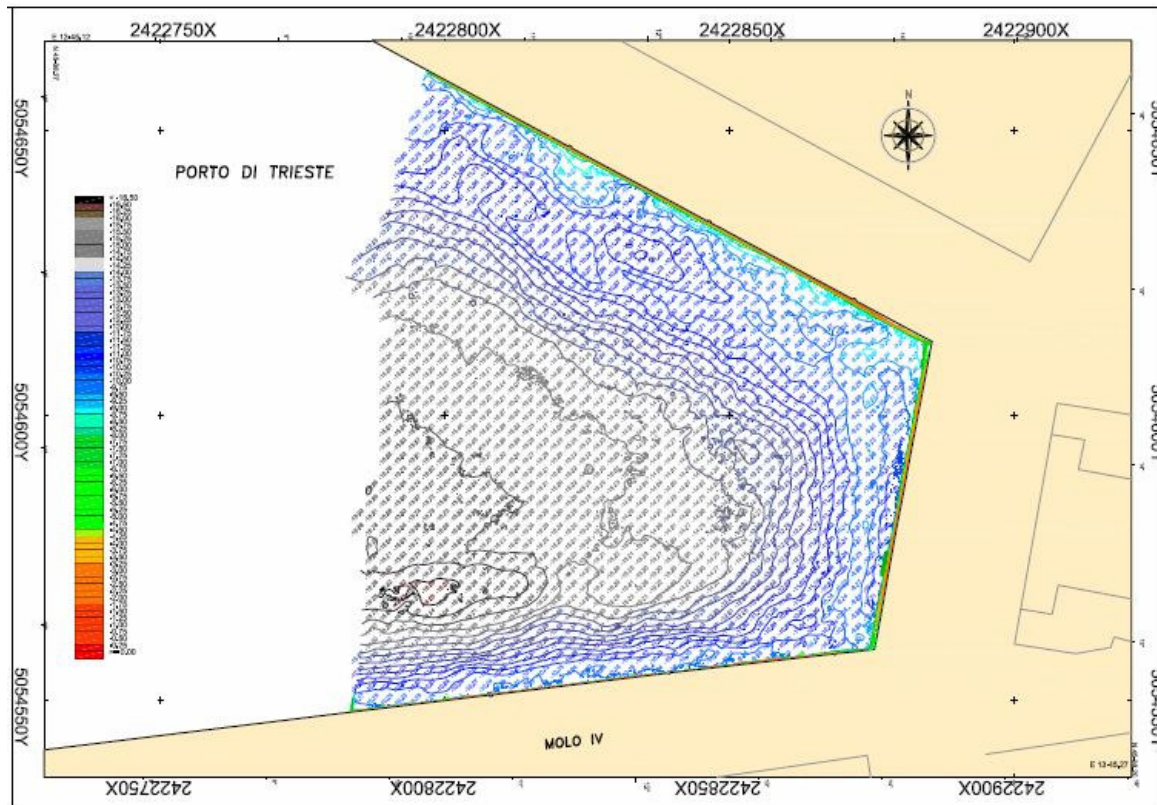


Figura n° 26: Rilievo Batimetrico. Planimetria Piano Quotato linee batimetriche passo 0.5 metri.
(da: "Rilievo MBES del 16 Marzo 2017" – "Geotecnica Veneta S.r.L." – Marzo 2017).

4.4 Rilievo magnetometrico.

Il rilievo magnetometrico (con magnetometro FEREX) è stato condotto al fine di verificare la presenza di accumuli ferrosi.

Il rilievo ha permesso (Figura n° 27) di definire aree e punti con anomalie magnetiche associabili ad accumuli metallici; tali aree sono localizzate alla radice del Molo VI.



RELAZIONE GEOLOGICA

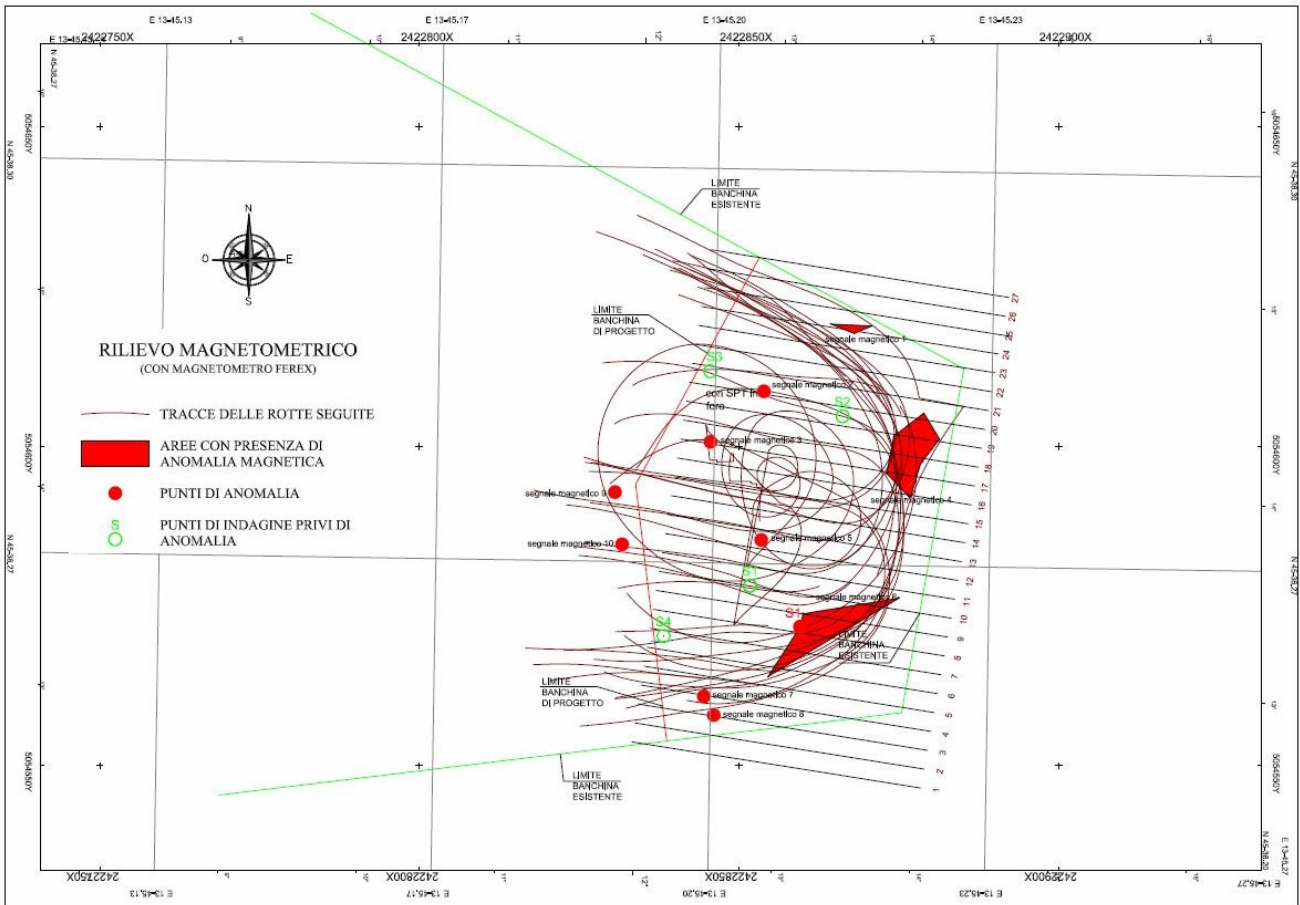


Figura n° 27: Rilievo Magnetometrico. Aree con anomalie magnetiche.
(da: "Indagini Geognostiche Integrative" - "Geotecnica Veneta S.r.L." - Marzo 2017).



5.0 Caratteristiche Strutturali del Molo VI e delle banchine.

Da quanto ricavato da "Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste" Studi Specialistici, Volume A, Giugno 2011", i lavori di costruzione del Molo VI iniziarono nel 1903 subito dopo il completamento del Molo V e vennero conclusi verso la fine dello stesso decennio.

Il Molo VI, realizzato con angolatura in asse al vento di Bora, presenta una lunghezza di 625 metri circa ed una larghezza di 170 metri circa; nel 1924 vennero realizzati lavori di consolidamento dei Moli V e VI e delle adiacenti rive i cui muri di sponda erano crollati.

La Sezione della banchina del Molo VI (Figura n° 28) indica le modalità costruttive adottate; alla base della banchina è presente una berma in pietrame (scogliera di fondazione in "massi naturali") che appoggia su sedimenti consolidati o direttamente sul Flysch.

Per la prima volta vennero adottati massi artificiali in cemento armato per la formazione della banchina; per la realizzazione del muro di rinforzo (Figura n° 28) furono utilizzati casseri di 12 metri di altezza e 8 metri di lunghezza con infissione di pali entro la scogliera.

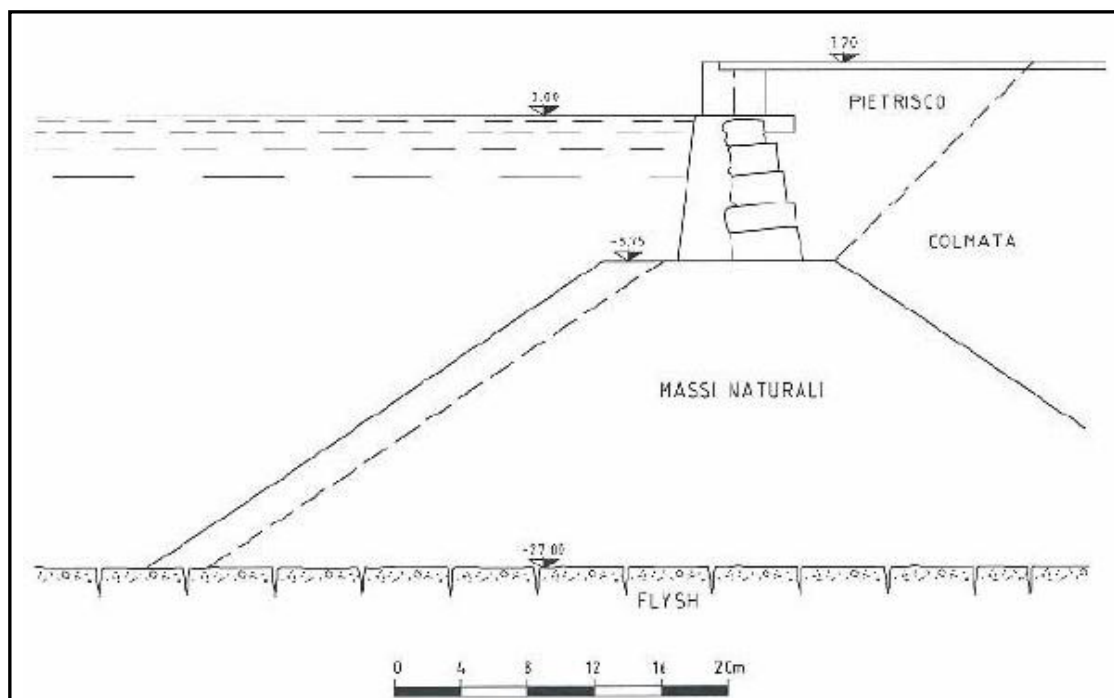


Figura n° 28: Sezione Banchina Molo VI (da: "Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste" Studi Specialistici, Volume A, Giugno 2011).

Per quanto attiene alla banchina di Riva Traiana (ormeggio 31 e 31A) la sua struttura è data (Figura n° 29) da cassoni cellulari in c.a. su cui appoggiano gli impalcati di banchina composti da travi in c.a.p. a doppio T; i cassoni appoggiano su imbasamenti in pietrame realizzati su substrato roccioso previo dragaggio dei sovrastanti livelli pelitici soffici.

I cassoni cellulari sono stati rinfiacati con materiali di cava protetti dall'erosione del moto ondoso da una scogliera di base (tale rinfiacco è stato inoltre necessario per il contenimento dei materiali di riempimento retrostante la banchina costituiti da materiale arido di scavo e demolizione).



RELAZIONE GEOLOGICA

Nel 2° Stralcio di interventi sono state modificate le opere di fondazione dei cassoni cellulari utilizzando pali di colonne consolidate "Jet-Grouting" per trasmettere i carichi direttamente sul substrato roccioso flyschoidale.

Non si hanno notizie più dettagliate per quanto attiene agli ormeggi 38 e 39.

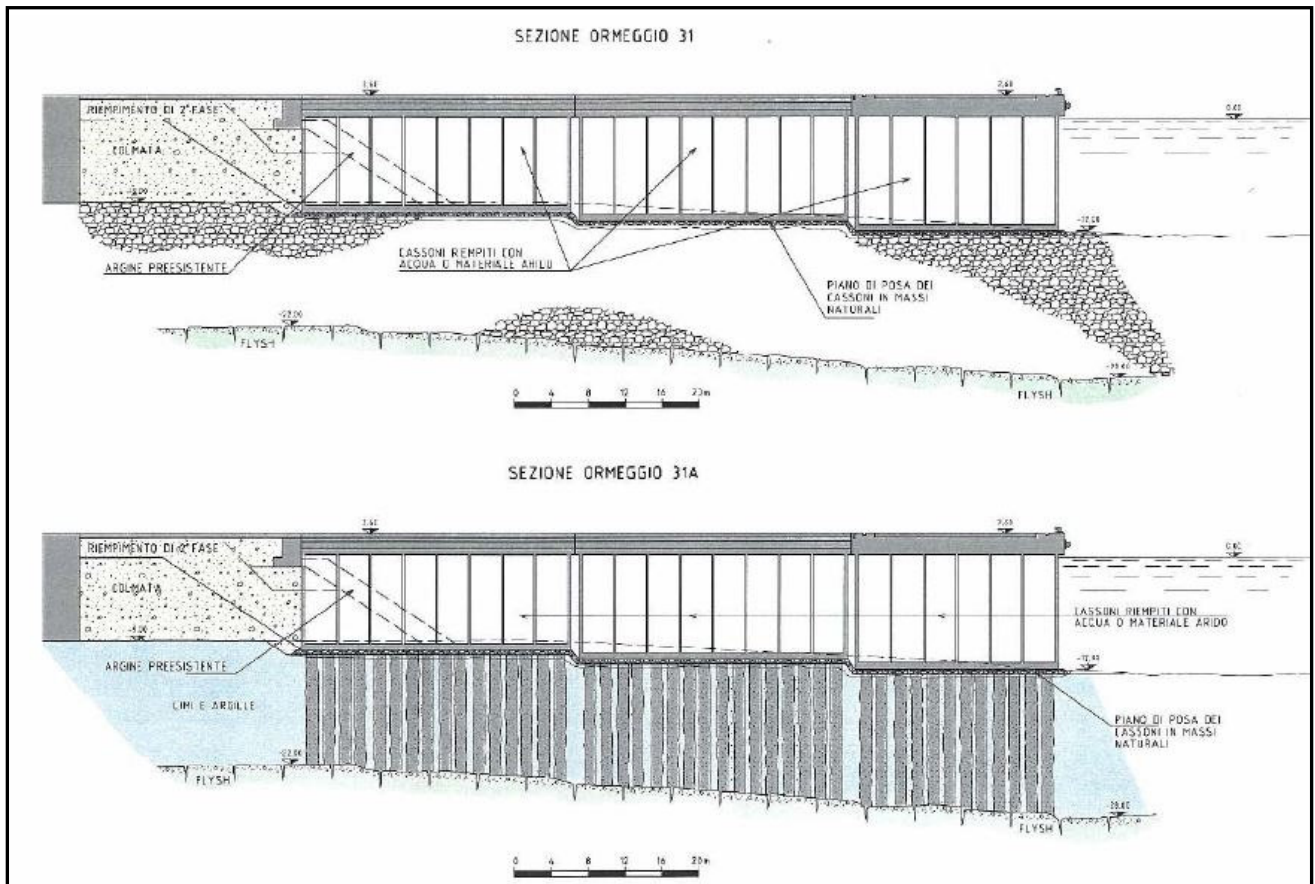


Figura n° 29: Sezioni della Riva Traiana (da: "Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste" Studi Specialistici, Volume A, Giugno 2011).



6.0 Geologia Tecnica.

6.1 Sezione Geologica A - A' Scala 1:500 ("Modello Geologico").

Utilizzando i dati stratigrafici (sondaggi a mare S3 e S4) e batimetrici dell'indagine integrativa ("*Geotecnica Veneta s.r.l.*", Marzo 2017) ed i dati ricavati da quanto riportato nel "*Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste*", è stata ricostruita la Sezione Geologica A-A' in corrispondenza dell'intervento in progetto (Figura n° 30 - Elaborato GEO 0202).

La Sezione A-A' (orientata all'incirca N-S) evidenzia la presenza, al di sotto dei massi in cemento armato che definiscono il limite della banchina del Molo VI e dell'ormeggio Nord e della colmata, di una scogliera di fondazione presumibilmente in pietrame.

Tale fondazione si ritiene appoggi su depositi alluvionali molto addensati (limi consolidati con ghiaia) e/o sul terreno di copertura ed alterazione (Complessi C1, C2 e C3) del substrato roccioso in facies di Flysch arenaceo marnoso.

In corrispondenza del Sondaggio S4 alla profondità di 18.2 metri è stato intercettato un blocco arenaceo presumibilmente appartenente al corpo di fondazione.

La posa in opera della berma in pietrame è avvenuta per gravità interessando inoltre depositi soffici pelitici e limoso argillosi con sostanza organica di copertura del deposito continentale; sono quindi possibili sacche e/o livelli residui di tali materiali rimaneggiati e parzialmente ricoperti dai "massi naturali".

Le porzioni più superficiali del fondale risultano costituite da materiali vari formati da ghiaia, massi, pezzi di ferro e di laterizi, con tritume conchigliare, limo e sabbia per lo più colore nerastro; tale livello risulta quindi una commistione tra i depositi pelitici marini ed materiali di riempimento antropico.

Al di sotto di tale livello ad elevata contaminazione antropica si estende un deposito marino pelitico sabbioso (molto soffice) e talora sabbioso (molto sciolto) con il più delle volte immersi elementi ghiaiosi e ciottoli inglobati di provenienza antropica per discesa gravitativa a causa della bassissima consistenza del deposito marino.

Seguono, da quota -16.3 metri (lato Nord Sondaggio S3) / -18.5 metri (lato Sud Sondaggio S4), prevalenti limi consolidati color grigio verdastro e ocra e limi con sabbia e ghiaia molto addensati (deposito clastico continentale); a partire da -19.1 / -22.2 metri è presente il Complesso C1 (e C2) ovvero il livello di alterazione del Flysch formato da corpi detritici marnosi ed arenacei alterati e molto alterati color marrone, in matrice limo sabbiosa, passante al substrato da parzialmente alterato ad integro da fratturato a molto fratturato.

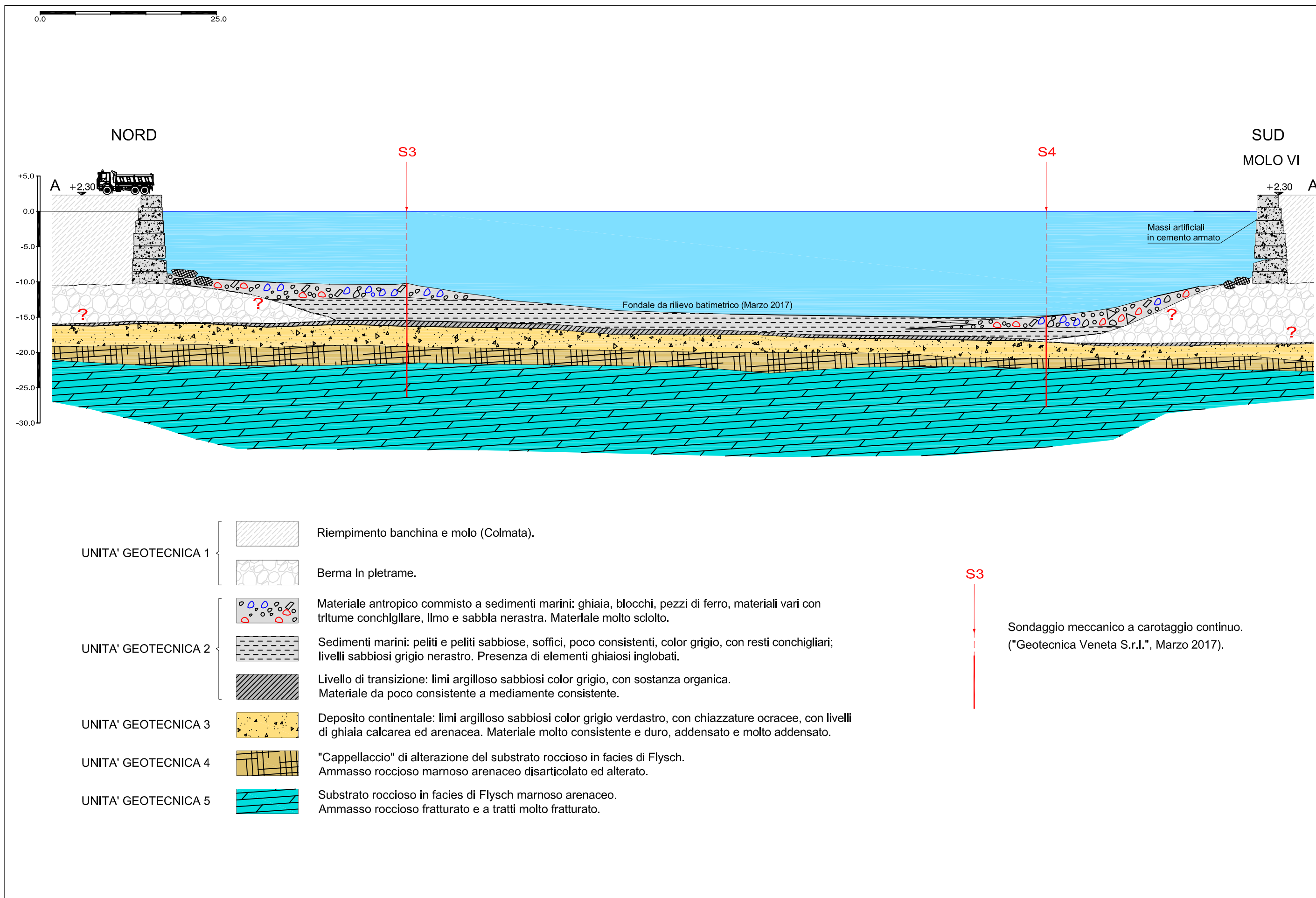


Figura n° 30: Sezione Geologica A - A' Scala 1:500.



6.2 "Modello Geotecnico".

Sulla base di dati desunti dall'indagine integrativa e da precedenti interventi ("Indagine Geognostica Integrativa per il Progetto Esecutivo di realizzazione della Piattaforma Logistica", Anno 2015), si possono assegnare, ai vari livelli individuati, i seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

Unità Geotecnica 1: Riporti Antropici (colmata e scogliera di fondazione).

I materiali di riempimento, di colmata e di fondazione costituiti da materiali vari per lo più grossolani messi in opera a gravità senza compattazione artificiale, sono per lo più sciolti (laddove prevalgono le ghiaie e sabbie) e/o poco consistenti laddove sono presenti livelli terrosi e/o argillosi.

Le caratteristiche geotecniche dell'Unità 1 risultano di difficile parametrizzazione a causa dell'elevata eterogeneità.

Tali materiali sono stati oggetto di una naturale compattazione nel corso del tempo ma anche presumibilmente di una non trascurabile decadenza delle proprietà geotecniche a causa del moto ondoso, dell'effetto marea nonché dei dissesti delle opere di contenimento e conterminazione.

Litologia prevalente:	Materiali di riempimento di varia natura; depositi grossolani talora con presenza di matrice fina.
Profondità da p.c. tetto:	+2.3 metri
Profondità da p.c. letto:	-16.0 / -18.5 metri circa
N _{SPT} medio:	-
Peso di volume (allo stato naturale):	$\gamma=1.70 - 2.00$ t/mc
Angolo medio di attrito interno:	$\phi=28^\circ - 30^\circ$
Coesione:	$c=0.00$ KPa

Unità Geotecnica 2: Complesso pelitico sabbioso a tratti commisto a materiali antropici al tetto.

Tale Unità comprende sia i livelli costituenti l'immediato fondale con presenza di materiali antropici che i livelli pelitici e pelitico sabbiosi (spesso con abbondante sostanza organica e tritume conchigliare) nonché sabbioso limosi per lo più molto soffici e molto sciolti e comprende anche il livello limoso argilloso color grigio scuro talora con sostanza organica di transizione ai depositi continentali.

Litologia prevalente:	Peliti sabbiose color grigio e grigio scuro, sabbie limose, al tetto con presenza di materiali antropici. Limi argillosi color grigio e grigio scuro al letto.
Profondità da p.c. tetto:	da -9.0 / -15.0 metri circa
Profondità da p.c. letto:	-16.0 / -19.0 metri circa
N _{SPT} medio:	2 - 3
Pocket Penetrometer:	< 10 KPa
Tor Vane:	5 - 8 KPa
Vane Shear Test:	Max: 36-42 KPa; Res.: 12-14 KPa
Peso di volume (allo stato naturale):	$\gamma=1.70 - 1.80$ t/mc
Contenuto naturale di acqua:	$W=45 - 60$ %
Angolo medio di attrito interno:	$\phi=0^\circ$
Coesione non drenata:	$c_u=10 - 20$ KPa



RELAZIONE GEOLOGICA

Modulo di Deformazione Edometrico:	Ed=1.5 – 3.0 MPa
------------------------------------	------------------

Unità Geotecnica 3: Complesso limoso sabbioso più o meno ghiaioso.

L' Unità risulta qui formata da prevalenti limi e limi argilloso sabbioso molto consistenti color nocciola giallastro e grigio verdastro, a tratti con presenza di elementi ghiaiosi (poco maturi) calcarei ed arenacei per lo più alterati di varia pezzatura.

L' Unità sfuma al sottostante Complesso C1 di degradazione del Flysch.

Litologia prevalente:	Limi e limi argilloso sabbiosi color grigio verdastro e giallastro ocra con elementi ghiaiosi.
Profondità da p.c. tetto:	da -16.0 / -19.0 metri circa
Profondità da p.c. letto:	-19.0 / -20.0 metri circa
N _{SPT} medio:	> 40 – 50
Pocket Penetrometer:	> 150 – 200 KPa
Tor Vane:	> 100 KPa
Vane Shear Test:	Max: > 150 KPa; Res.: > 40 KPa
Peso di volume (allo stato naturale):	$\gamma=1.80 - 1.95$ t/mc
Angolo medio di attrito interno:	$\phi=34^\circ - 36^\circ$
Coesione:	c=0.0 – 10.0 KPa
Modulo di Deformazione:	Ed=35 – 50 MPa

Unità Geotecnica 4: "Cappellaccio" di alterazione del substrato roccioso in facies di Flysch.

L' Unità risulta qui formata dal Complesso C1 e dal Complesso C2; trattasi di scaglie marnose alterate color marrone e livelli lapidei arenacei a vario grado di alterazione, disgregazione e decompressione in matrice limo sabbioso argillosa.

A tale Unità segue il Complesso C3 e la roccia in posto da parzialmente integra ad integra.

Litologia prevalente:	Scaglie lapidee alterate in matrice limo sabbioso argillosa.
Profondità da p.c. tetto:	da -19.0 / -20.0 metri circa
Profondità da p.c. letto:	-21.0 / -22.0 metri circa
N _{SPT} medio:	> 50 – 80
Pocket Penetrometer:	> 300 – 600 KPa
Tor Vane:	> 100 KPa
Peso di volume (allo stato naturale):	$\gamma=2.00 - 2.20$ t/mc
Angolo medio di attrito interno:	$\phi=25^\circ - 30^\circ$
Coesione:	c=50.0 – 100.0 KPa
Modulo di Deformazione:	Ed=60 – 80 MPa

Unità Geotecnica 5: Substrato roccioso in facies di Flysch; ammasso roccioso fratturato.

L' Unità 5 è rappresentata dal Flysch di Trieste formato da una alternanza di livelli arenacei e pacchetti marnosi; il substrato si presenta da parzialmente alterato ad integro, localmente fratturato e molto fratturato, a stratificazione evidente (debole inclinazione degli strati), giunti di strato serrati e lisci.



RELAZIONE GEOLOGICA

Litologia prevalente:	Flysch di Trieste (alternanza di livelli arenacei e marnosi). Flysch Tipo T4 - T3 in prevalenza.
Profondità da p.c. tetto:	da -21.0 / -22.0 metri circa
R.Q.D. medio:	0 - 37
Peso di volume (allo stato naturale):	$\gamma=2.50 - 2.60$ t/mc
Angolo medio di attrito interno:	$\phi=30^\circ - 35^\circ$
Coesione:	$c=150.0 - 250.0$ KPa
Modulo di Deformazione:	$E_d=70 - 250$ MPa
Resistenza a compressione Uniassiale materiale roccia:	Marna: 20 - 45 Kg/cm ^q Arenaria: 200 - 600 Kg/cm ^q

6.3 Azione Sismica.

L'azione sismica sulle opere viene valutata, in accordo con quanto riportato nelle NTC 2008, a partire da una "pericolosità sismica di base" del sito ovvero considerando condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Suolo di Categoria A).

La pericolosità sismica, così individuata (espressa come accelerazione attesa al sito di riferimento rigido ovvero a_g), viene corretta per tener conto delle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo ("Categoria di Suolo") e della morfologia della superficie ("Categoria Topografica") per meglio caratterizzare la Risposta Sismica Locale (espressa nella accelerazione massima attesa in superficie a_{max}).

6.3.1 Categoria di Suolo.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Nuove Norme Tecniche" (D.M. 14/01/2008) si distinguono le seguenti Categorie di Suolo:

- **Categoria A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 metri;
- **Categoria B:** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **Categoria C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **Categoria D:** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu < 70$ kPa nei terreni a grana fina);



RELAZIONE GEOLOGICA

- **Categoria E:** terreni dei sottosuoli C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s);
- **Categoria S1:** depositi di terreni caratterizzati da valori V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_u < 20$ KPa) che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche;
- **Categoria S2:** depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle indagini svolte (Sondaggi a mare e prova geofisica M.A.S.W.) si è potuto verificare la presenza di un substrato roccioso in facies di Flysch che si attesta a circa 20 metri di profondità da l.m.m.; il substrato è ricoperto da terreni addensati e da materiali molto soffici (peliti) e sciolti (terreni di riporto).

Questi ultimi possiedono velocità delle Onde di Taglio (V_s) comprese tra 150 e 370 m/s sulla base dell'indagine MASW (Suoli di Categoria C).

In assenza di più prove geofisiche dirette ("Down-Hole" in foro) atte a definire su tutta la verticale la velocità media delle Onde di Taglio (V_s), si declassa, in favore di sicurezza, il sito in oggetto, alla "Categoria di Suolo E".

6.3.2 Categoria Topografica.

Le Categorie Topografiche previste dalle NCT sono le seguenti:

- **T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;
- **T2:** Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;
- **T3:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;
- **T4:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

L'area è caratterizzata da una Superficie pianeggiante (Categoria T1) a cui compete un Coefficiente Topografico $S_T = 1.0$.

6.3.3 Classe d'uso e Vita Nominale.

Per quanto attiene alla Classe d'Uso dell'opera, la Normativa suddivide le seguenti Classi d'Uso:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.



RELAZIONE GEOLOGICA

- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche in riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001 n° 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia.

Per l'opera in progetto si fa riferimento a:

Classe d' Uso:	Classe IV.
Coefficiente d' Uso:	$C_U=2.0$
Vita Nominale:	$V_N = 100$ anni
Periodo di Riferimento dell' opera:	$V_R=V_N \times C_U = 2.0 \times 100$ anni = 200 anni.

6.3.4 Stati Limite e relative probabilità di superamento.

Si fa riferimento, per l'opera in progetto, allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV): a seguito terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

La probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente nello Stato Limite SLV è pari al 10%.

Ne consegue che, in base alla relazione:

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

il Tempo di ritorno T_R da considerare per lo (SLV) è pari a 1898 anni.

6.3.5 Parametri Sismici.

Sulla base delle recenti disposizioni previste dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (anno 2008) si definiscono, per l'opera in progetto, i seguenti parametri sismici (Software "GEOSTRU PS"):

Coordinate Geografiche della località in esame (ED50)			
Latitudine:	13.754723		
Longitudine:	45.638795		
Coordinate Geografiche dei 4 punti del reticolo			
ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (Km)
11880	13.7038	45.6348	3.984
11881	13.7752	45.6346	1.657



RELAZIONE GEOLOGICA

11659	13.7754	45.6846	5.345			
11658	13.7040	45.6848	6.457			
VITA DELLA STRUTTURA						
Vita nominale dell' opera:	$V_N = 100$ anni					
Classe d' uso:	IV					
Coefficiente d' uso:	$C_U = 1.0$					
Periodo di riferimento per le azioni sismiche strutturali:	$V_R = V_N \times C_U = 200$ anni					
CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO						
Categoria Topografica:	T1					
Coefficiente Topografico:	$S_T = 1.0$					
Categoria Suolo:	E					
Parametri Sismici:						
	SL Stati Limite	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*
		(%)	(anni)	(g)	(-)	(s)
sle	Operatività (SLO)	81%	120	0.063	2.574	0.270
sle	Danno (SLD)	63%	201	0.079	2.530	0.288
slu	Salvaguardia Vita (SLV)	10%	1898	0.173	2.602	0.352
slu	Prevenzione Collasso (SLC)	5%	2475	0.188	2.608	0.358

Coefficienti Sismici:								
	SL Stati Limite	S_S	C_C	S_T	K_H	K_V	A_{MAX}	β_S
		(-)	(-)	(-)	(-)	(s)	(m/s ²)	(-)
Sle	Operatività (SLO)	1.600	1.940	1.000	0.020	0.010	0.982	0.200
Sle	Danno (SLD)	1.600	1.890	1.000	0.025	0.013	1.233	0.200
Slu	Salvaguardia Vita (SLV)	1.510	1.750	1.000	0.063	0.031	2.559	0.240
Slu	Prevenzione Collasso (SLC)	1.460	1.740	1.000	0.066	0.033	2.694	0.240

Sle = Stato limite di esercizio; **Slu** = Stato limite ultimo **SL** = Stato Limite considerato; **P_{VR}** = Probabilità di superamento dello Stato Limite considerato; **T_R** = Tempo di ritorno (anni); **a_g** = Accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido; **F_o** = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; **T_C*** = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale; **S_S** = Coefficiente di amplificazione stratigrafica; **C_C** = Coefficiente funzione categoria di sottosuolo; **S_T** = Coefficiente di amplificazione topografica; **K_H** = $\beta_S \times (A_{MAX}/g)$ Coefficiente sismico orizzontale; **K_V** = $\pm 0,5 \times K_H$ Coefficiente sismico verticale; **A_{MAX}** = accelerazione massima attesa; **β_S** = Coefficiente di riduzione dell' accelerazione massima attesa al sito.

Sulla base delle ipotesi di progetto adottate è stata determinata l' accelerazione orizzontale massima attesa al sito:

$$a_{max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$$

dove:

- S= Coefficiente che comprende l' effetto dell' amplificazione stratigrafica (S_S) e dell' amplificazione Topografica (S_T).
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Si ottiene, per il sito in oggetto:

$$A_{max} = 0.261 \text{ g}$$



7.0 Considerazioni conclusive.

Lo Studio Geologico – Tecnico per il Progetto Definitivo per gli interventi di ampliamento del Molo VI, effettuato utilizzando i dati bibliografici dell' area (Studi Geologici per il Piano Regolatore del Porto di Trieste) ed utilizzando i dati di una recente indagine geognostica (Aprile 2017) consistente in n° 2 Sondaggi Ambientale, n° 2 Sondaggi Geotecnici e prove geofisiche, ha permesso di definire quanto segue:

- La zona di pertinenza dell' area portuale è caratterizzata, dal punto di vista litologico, dalla presenza di uno spessore (assi variabile) di materiali di riporto antropici di varia natura (blocchi, ghiaie, materiali derivanti da scavi e demolizione etc.) messi in opera al di sopra dei sedimenti marini pelitici (talora previa bonifica) e, nelle porzioni più prossime alla vecchia linea di costa, direttamente sul substrato roccioso.
- La naturale successione dei terreni, nell' area costiera, è data da depositi di costa (sabbioso ghiaiosi), pelitico sabbiosi e pelitici (sedimenti marini al largo) talora con abbondanza di tritume conchigliare e livelli organici, depositi di transizione limoso torbosi, depositi fluviolacustri limoso argillosi e limoso ghiaiosi e substrato roccioso in facies di flysch (del Luteziano), variamente degradato e decompresso nelle porzioni più superficiali.
- Nell' area di intervento e nell' immediato intorno non sono presenti indagini geognostiche in numero adeguato per permettere una ricostruzione geometrica delle varie Unità Litologiche e per definirne i loro rapporti reciproci; assai pochi e di vecchia data risultano le indagini geognostiche reperite presso il Servizio Geologico.
- L' interpretazione dei dati desunti dai sondaggi eseguiti nell' indagine di data Aprile 2017 e dalle prove in sito (prove P.P., Vane Test, S.P.T. etc.) e di laboratorio, ha permesso di ricostruire la "Sezione Geologica" e di assegnare, alle varie Unità Geotecniche individuate, alcuni parametri geotecnici (questi ultimi ricavabili dalle prove in sito e di laboratorio e dalla bibliografia).
- Dall' indagine è emersa la presenza del substrato flyschoide (più o meno fratturato e disarticolato) a partire da -20 m.l.m. circa.
- Il substrato roccioso è ricoperto da limi sabbioso argillosi più o meno ghiaiosi su cui presumibilmente appoggiano le scogliere di fondazione del Molo VI e della banchina; tale Unità Geotecnica si estende a partire da -16.0 / -19.0 m.l.m. circa.
- L' Unità Geotecnica 3 è ricoperta inoltre da depositi pelitici e di transizione (Unità Geotecnica 2) per lo più molto soffici e sciolti, commisti a materiali grossolani di origine antropica.
- Lo spessore dell' Unità Geotecnica 2 risulta assai variabile come pure la sua natura essendo oggetto di rimaneggiamenti antropici (riempimenti, bonifiche parziali etc.).
- Vista la geometria (profondità e spessori) dei materiali molto sciolti (bassa velocità delle Onde di Taglio) poggianti su substrato roccioso, il sito viene incluso, a favore di sicurezza, nella "Categoria di Suolo E".
- Per una migliore definizione della geometria della berma in pietrame e dei rapporti stratigrafici tra le varie Unità Geotecniche nonché per definire sia le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso su cui verranno impostati i pali di fondazione che



RELAZIONE GEOLOGICA

la natura del riempimento della banchina e del Molo per un corretto dimensionamento delle opere di fondazione e consolidazione, saranno da prevedere, per il Progetto Esecutivo, nuove indagini consistenti in Sondaggi meccanici con prove in sito e di laboratorio.