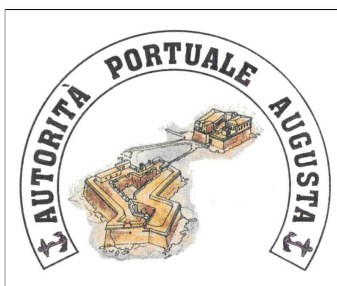
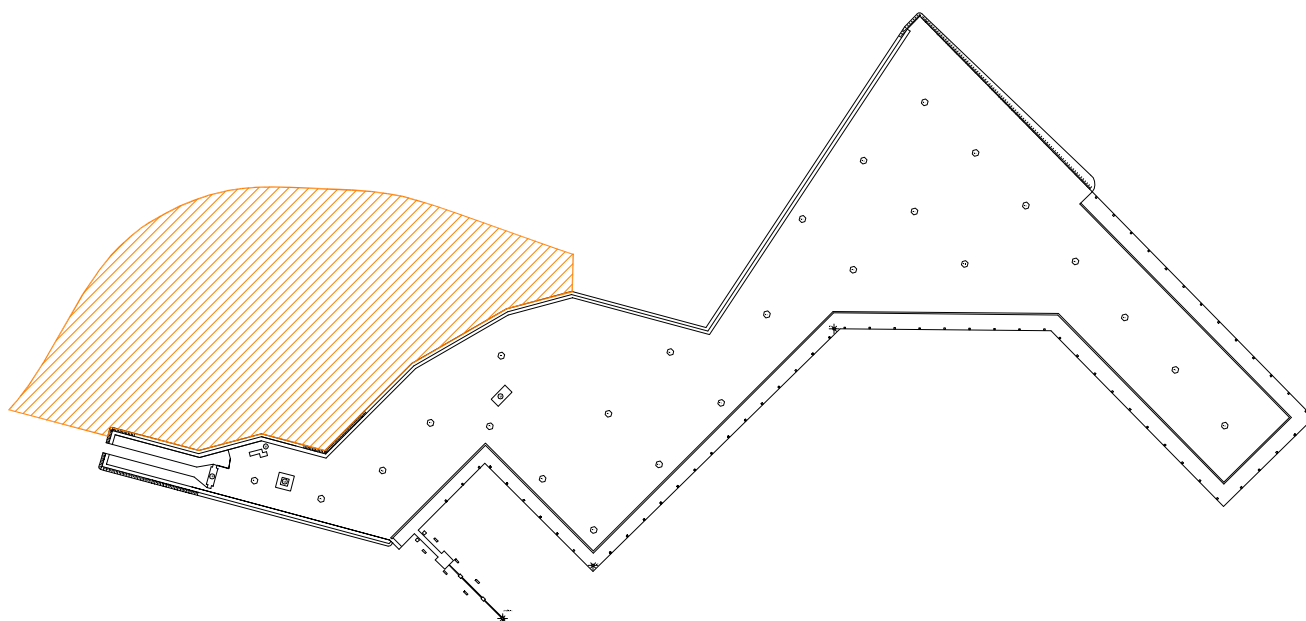



AUTORITA' PORTUALE DI AUGUSTA



PROGETTO PRELIMINARE

SECONDA FASE - PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------|-----------------------|---|--|------------|---------------------------------------|----------|-------------|--|--|--|-------------|--------------------------------------|----------|--|---|--|--|-------------------------------|--|
| COMMITTENTE | | | | | | | | | | AUTORITA' PORTUALE DI AUGUSTA | | | | | | | | | | | |
| OGGETTO | | | | | | | | | | ACQUISIZIONE AREE E REALIZZAZIONE DI NUOVI PIAZZALI ATTREZZATI NEL PORTO COMMERCIALE | | | | | | | | | | SOSTITUISCE IL replaces | |
| | | | | | | | | | | 3. STUDI GENERALI 3.1. GEOLOGIA 3.1.1. RELAZIONE GEOLOGICA - SONDAGGI - PROVE DI LABORATORIO | | | | | | | | | | SOSTITUITO DAL replaced by | |
| R.T.I.  | | | CONTRATTO contract | | | | DATA date Settembre 2011 | | | | RESPONSABILE PROGETTO ING. MASSIMO RACCOSTA | | | PROGETTISTA DOTT. GEOL. E. FRESIA | | | COLLABORAZIONE DOTT. GEOL. B. ROSSI TROMBATORE | | | | |
| N. | DATA | | DESCRIZIONE | | | | ESEGUITO | | CONTROLLATO | | APPROVATO | | | | | | | | | | |
| 0 | NOVEMBRE-2009 | | EMISSIONE | | | | - | | - | | - | | | | | | | | | | |
| 1 | NOVEMBRE-2010 | | EMISSIONE | | | | - | | - | | - | | | | | | | | | | |
| 2 | SETTEMBRE-2011 | | EMISSIONE | | | | - | | - | | - | | | | | | | | | | |
| Dimensioni | | Scala | |  | | Commessa | | Lotto | Fase | Cat. | Opera | | Progressivo | | Foglio | | | | | | |
| - | | - | | | | AU3 | | 2 | P | P | GE | | D | | 1 | | | | | | |

PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
ACQUISIZIONE AREE E REALIZZAZIONE DI NUOVI
PIAZZALI ATTREZZATI NEL PORTO COMMERCIALE

Premessa

Nell'ambito degli studi ed indagini svolti per la redazione dei progetti di completamento del Porto Commerciale di Augusta sono stati condotti una serie di studi geologici e geotecnici dell'area interessata dalle nuove opere consistenti nella "realizzazione di piazzali attrezzati" che sono stati presi come riferimento per le indicazioni sulle aree oggetto di intervento..

Lo studio di seguito riportato riguarda le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni direttamente interessati dalle opere previste in progetto.

In ottemperanza ai contenuti del Decreto Ministeriale 21 Gennaio 1981 ("Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" Pubblicato sulla G.U. R.I. n° 6 del 7 Febbraio 1981) e succ. mod., abbiamo, quindi proceduto al controllo delle indagini e prove eseguite in passato e di recente, nonché al rilevamento geologico dell'intera area, al fine di accertare la natura e le caratteristiche (geologiche, giacaturali, meccaniche ed idrogeologiche) dei terreni affioranti e posti a modesta profondità, in corrispondenza delle opere previste in progetto.

A tal fine sono stati presi in considerazione, con riferimento alla ristretta area di interesse:

- la morfologia;
- la geologia;

- le strutture tettoniche;
- la sismicità;
- le caratteristiche fisico-meccaniche del sedime affiorante e posto in profondità;
- la profondità del livello statico delle acque.

Nel corso dei sondaggi, eseguiti negli studi precedenti sia in mare che sulla terra ferma e approfonditi con una nuova campagna geognostica a terra spinti a profondità variabile, sono stati prelevati numerosi campioni con apposito carotiere indisturbato.

Sui numerosi campioni estratti (come risulta dagli elaborati geologici) sono stati eseguiti tutti quegli accertamenti e prove necessarie per una buona conoscenza dei valori dei parametri geotecnici caratterizzanti i terreni subsuperficiali e profondi su cui dovranno svilupparsi le opere previste in progetto.

I risultati delle indagini e degli studi condotti, corroborati dai dati già in nostro possesso per precedenti lavori eseguiti nell'area, hanno consentito la stesura delle presenti note.

In particolare , il presente studio riguarda le opere di realizzazione di nuovi piazzali.

Le opere previste nel presente progetto rappresentano un attributo sostanziale a quelle già finanziate realizzate ed in fase di realizzazione e comprendono:

- ✓ realizzazione di circa 365.000 mq pavimentazione
- ✓ realizzazione di tutti gli impianti (rete idrica, antincendio, elettrica, fognaria per la completa operatività portuale;
- ✓ Recinzione delle aree portuali.
- ✓ Realizzazione dello scalo ferroviario all'interno delle aree portuali.

Va, in premessa evidenziato che l'area non presenta segni di movimenti dissestativi potenziali o in atto, pregiudizievoli per la duratura stabilità delle progettate opere.

Inquadramento Geologico Generale

L'area in esame è situata geograficamente sulla costa sud-orientale della Sicilia e

topograficamente ricade interamente nella Tavoletta 1:25.000 Augusta (I S.O.) del foglio 274 della Carta D'Italia, edita dall'Istituto Geografico Militare, e comprende l'intero comprensorio nel quale si sviluppa il territorio comunale di Augusta (Ved. Allegato n° 1).

In una suddivisione della Sicilia in settori orogeografici, l'area in studio ricade in quello che viene definito nella letteratura geologica come "Avampaese Ibleo". A tale proposito giova ricordare che l'altopiano Ibleo è considerato parte integrante della piattaforma continentale africana in fase di intensa deformazione.

Il plateau si presenta complessivamente come un horst calcareo, allungato in senso NE-SW, delimitato verso Ovest dalla fossa di Caltanissetta, verso Est dalle strutture della scarpata Ibleo-Maltese, verso Nord dalla depressione tettonica Gela-Catania. La regione Iblea è caratterizzata da una tettonica di tipo distensivo con due principali sistemi di dislocazione, rispettivamente NW-SE e NE-SW; tale tettonica ha inizio nel Miocene superiore con il sollevamento della parte centrale del plateau carbonatico e prosegue quindi nel pliocene medio-superiore fino al Pleistocene inferiore.

Le strutture derivanti sono del tipo ad Horst e Graben o a placche monoclinali con ampio raggio di curvatura, debolmente inclinate e fagliate.

Nel Tortoniano si verificano cedimenti accentuati del fondo marino accompagnate da grandi manifestazioni vulcaniche.

La configurazione attuale è il risultato di fasi successive di abbassamento ed innalzamento con conseguenti trasgressioni e regressioni marine.

Nel dettaglio, l'altopiano è costituito da una complessa struttura ad Horst e Graben delimitati da diversi sistemi di elementi tettonici lineari di grande estensione che si intrecciano con altri sistemi minori e che lo suddividono in fosse tettoniche secondarie.

Di tali sistemi di faglie, i più evidenti hanno carattere distensivo e direzioni preferenziali NE-SW o NW-SE.

In tale schema deve essere compresa anche la gradinata tettonica che raccorda il

ciglio orientale dell'altopiano con i suoi lembi strutturalmente ribassati al di sotto del livello del mare Ionio, ivi compresa l'area in esame.

In armonia con tale schema, quest'ultima vasta area è caratterizzata dalla presenza di numerose formazioni geologiche di età assai diversa, in un assetto reciproco che è determinato essenzialmente dagli eventi di tettonica mio-pliocenica e quaternaria.

Infatti l'evoluzione paleogeografica dell'area è caratterizzata principalmente da quattro cicli sedimentari; al primo appartengono i calcari a rudiste del Cretaceo superiore, al secondo tutti i sedimenti di età oligo-miocenici, al terzo i sedimenti del pleistocene inferiore e al quarto quelli del pleistocene medio.

A questi quattro cicli sedimentari si associano tre fasi eruttive principali, rispettivamente del Cretaceo superiore, del Miocene superiore e del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore.

Assetto Litologico-Strutturale

Si è accennato che l'area di interesse è costituita da un lembo ribassato dell'altopiano che ha fatto da scenario ai successivi eventi geologici verificatisi durante tutto il Pliocene - Quaternario.

In età quaternaria questo basamento è stato eroso da una o più superfici di trasgressione marina restando così caratterizzata da una morfologia pianeggiante, simile a quella odierna.

Questa azione di erosione e demolizione della costa da parte del mare è avvenuta asportando in vario modo i tipi litologici presenti, in funzione delle loro differenti caratteristiche meccaniche, e determinando una serie di locali asperità morfologiche più o meno accentuate.

Forme di erosione selettiva si sono inoltre esplicate in maniera preferenziale in corrispondenza di situazioni tettoniche particolari.

A seguito delle ripetute fasi di stasi del fenomeno trasgressivo citato e dei successivi stadi di regressione, le situazioni morfologiche anzidette sono state obliterate dalla deposizione di tutta una serie di depositi, caratterizzati da una estrema variabilità litologica in dipendenza della eterogeneità delle formazioni di origine e dell'ambiente di sedimentazione costiero ad alta energia.

In conseguenza di tutto ciò, da un punto di vista litologico - strutturale, la spianata anzidetta risulta costituita da un basamento roccioso sul quale si sono depositi, in trasgressione, i depositi marini del pleistocene medio-superiore e quelli successivi continentali.

Il basamento in armonia con l'assetto litologico e tettonico dell'altopiano, è caratterizzato da una struttura ad Horst e Graben che determina una estrema variabilità nella sua composizione litologica.

Dalla interpolazione dei dati di rilevamento a vasta scala, esso risulta infatti costituito da tutta la serie di terreni che datano dal Cretaceo al Pliocene medio-inferiore.

A tal fine è stata redatta la Carta Geologica in scala 1:10.000 (Ved. Allegato n° 2) al fine di inquadrare l'area in esame, da un punto di vista geologico, in un contesto più ampio di quanto non emerga con il solo studio dettagliato della zona di progetto.

Sulla base del rilevamento geologico, dei dati disponibili sia per i numerosi lavori eseguiti nella zona, nonché per la letteratura geologica, la successione stratigrafica che significativamente si può assumere per l'area in studio è la seguente, a partire dai termini più antichi:

Vulcaniti cretacee. Affiorano, anche se a piccoli lembi, a Nord dell'area di stretto interesse, nei pressi della Penisola di Magnesi e in Contrada Porte Rosse.

Si tratta di prodotti vulcanici sottomarini rappresentati in prevalenza da vulcanoclastiti bruno giallastre a grana fine e da brecce a pillows e da filoni basaltici massivi nerastri.

Calcari Oligo-Miocenici. Questa formazione costituisce la dorsale di M.te Tauro, che si estende in direzione NW-SE, nella parte nord orientale dell'area in esame.

Poggia direttamente, sia sulle vulcaniti cretacee che sui livelli di calcari marnosi e marne Eoceniche.

Litologicamente è rappresentata da calciruditi, calcareniti biancastre friabili con resti algali, nella parte bassa, e da biolititi algali, calcareniti e briozoi a Clypeaster, nella parte alta e lateralmente, di età compresa tra l'Oligocene medio e il Miocene medio.

Si presentano sotto forma di un grosso banco calcareo di colore bianco-grigiastro con abbondante macrofauna con individui che talvolta raggiungono dimensioni vistose.

La formazione oltre ad essere ben rappresentata in affioramento è stata raggiunta ed attraversata da diversi pozzi, evidenziando spessori a volte superiori ai 300 metri, mentre in altri casi hanno mostrato degli spessori di pochi metri, soprattutto in vicinanza degli affioramenti di Vulcaniti Cretacee.

Dal punto di vista granulometrico la roccia presenta quasi sempre grana grossolana, nel campo delle calciruditi, e raramente, e solo localmente nel campo delle calcareniti. Presenta una giacitura molto omogenea caratterizzata da una immersione di circa 7-10 gradi in direzione ESE.

Affiorano estesamente lungo tutta la Penisola di Magnesi, elemento paesaggistico rimarchevole, costituito da una penisola legata alla costa da un esile istmo sabbioso.

Vulcanoclastiti Mioceniche. Sono rappresentati da tufi caotici mescolati a materiale carbonatico e subordinatamente a prodotti lavici in cui risultano orizzonti di biolititi a coralli con spessori variabili. L'intervallo vulcanoclastico, definito come Formazione Carlentini e a cui viene attribuita un'età riferita al Tortoniano, si presenta in affioramento con spessori variabili.

Questa formazione è stata riscontrata in affioramento lungo il corso del fiume Mulinello.

Calcareniti Messiniane. Al di sopra della formazione vista in precedenza, poggia un modesto livello di calcareniti friabili passanti a marne a lumachelle riferibili alla Formazione di Monte Carruba a cui è stata attribuita un'età compresa tra il Tortoniano superiore ed il Messiniano inferiore. In profondità, alcuni livelli ascrivibili alla formazione suddetta, che risulta ben esposta ai margini orientali della Penisola di Magnesi, è stata attraversata con spessori di pochi metri.

Argille Pleistoceniche. Con giacitura discordante, sia sulle successioni Mioceniche che sulle Vulcaniti Plioceniche, poggiano i depositi riferibili al ciclo sedimentario del Pleistocene inferiore. Questi terreni formano una cintura attorno all'altopiano calcareo s.s. e raggiungono spessori notevoli in corrispondenza delle depressioni strutturali coincidenti con i graben costieri, e quindi con la zona in esame. Le argille, che rappresentano i prodotti della sedimentazione in acque profonde o protette da aree emerse, sono caratterizzate da spessori di pochi metri a oltre 100 metri, con variazioni progressivamente maggiori dall'interno verso la costa e il mare aperto.

Affiorano nella parte centrale e settentrionale dell'area in esame e costituiscono il margine dell'isolotto su cui è edificata la città di Augusta.

Presentano un colore giallastro e segni di degradazione nella parte sommitale per spessori di circa 3 - 8 metri, dovuto al contatto con gli agenti atmosferici, mentre in profondità assumono il caratteristico colore grigio-azzurro, si presentano molto compatte e sono dotate di una buona coesione.

Calcareniti Pleistoceniche. Sia sui depositi riferiti al ciclo sedimentario del Pleistocene inferiore che sulle formazioni più antiche, si è depositata una coltre di terreni costituiti da sabbie, calcareniti organogene, conglomerati e ghiaie poligeniche.

Tale ammasso presenta giacitura trasgressiva sulle sottostanti argille, con un contatto spesso caratterizzato da superfici di erosione.

Nella zona in esame affiorano estesamente nella parte centrale e meridionale dell'isolotto su cui poggia la città di Augusta.

Questi depositi, appartenenti al Pleistocene medio, presentano un colore in affioramento giallo-bruno e sono caratterizzati da una buona compattezza e durezza. Presentano una fitta stratificazione ed a volte risultano associati a livelli conglomeratici lentiformi costituiti da elementi molto arrotondati e dotati di scarsa coesione.

Il loro spessore in affioramento nell'area in esame è di circa 15 - 20 metri e la loro distribuzione fornisce un quadro esauriente della variazioni della linea di costa nel quaternario.

Questi depositi calcarenitici orlano la linea di costa e si spingono, anche se con spessori molto esigui, verso l'interno fino alle quote di circa 160 metri s.l.m..

Depositi recenti ed attuali. Comprendono i depositi fluviali, terrazzati recenti ed attuali, le spiagge attuali e le saline costiere. Si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi e limo-sabbiosi e vengono riscontrati soprattutto in corrispondenza della fascia costiera e in corrispondenza di pantani e saline.

Hanno uno spessore molto variabile che va da pochi metri ad oltre 10 metri ed assumono un andamento molto spesso lenticolare.

Trattandosi di sedimenti recenti, non hanno subito processi di diagenesi, per cui si presentano molto sature non consolidati e quindi di scadenti caratteristiche meccaniche.

Condizioni Geologiche locali ed indagini eseguite

Le opere previste in progetto si sviluppano interamente nell'ambito del territorio comunale di Augusta e nell'area di affioramento di due termini litostratigrafici ben definiti:

- a) limo-argillosi, alluvioni e depositi recenti ed attuali;
- b) argilla grigio-azzurre del Pleistocene inferiore (giallastre nella loro porzione superficiale alterata e parzialmente degradata).

Il quadro generale della situazione, quale si configura allo stato attuale nell'area di interesse, è stato ricostruito mediante il rilevamento geologico allegato.

Al fine, poi, di acquisire dettagliate informazioni circa la locale successione stratigrafica dei termini direttamente o indirettamente interessati dalle opere sono stati eseguiti, in precedenti fasi di realizzazione del porto, in ristrette aree particolarmente significative numerosi sondaggi, in mare che sulla terra ferma, ed altri accertamenti ed analisi di laboratorio sui campioni estratti nel corso delle singole perforazioni.

I terreni limo-argillosi ricoprono il fondale con spessori discontinui.

Da un punto di vista litologico sono dei sedimenti attuali e a causa delle condizioni di sotto consolidazione sono del tutto trascurabili quali terreni di fondazione.

Le alluvioni ghiaioso-sabbiose, prive delle frazioni limo-argillose e portate dal vicino Torrente Mulinello hanno una potenza consistente nelle immediate vicinanze del Torrente.

Il banco va però rapidamente scomparendo allontanandosi dalla foce dove lascia il posto ad un banco di argille gialle.

Le argille costituiscono la parte superficiale della formazione argillosa pleistocenica e quindi si presentano in parte degradate ed alterate.

Le caratteristiche meccaniche si evolvono rapidamente con la profondità passando da valori discreti a valori elevati.

Verso il basso detto orizzonte evolve gradualmente verso un potente banco di argilla grigia molto compatta. Tali argille costituiscono la parte integra della formazione argillosa di substrato, la più idonea, in verità a ricevere le sollecitazioni indotte dai carichi di progetto.

Possiedono un notevole grado di sovraconsolidazione e ottime caratteristiche meccaniche.

Le stratigrafie delle cinque sezioni, corredate dalle prove ed indagini eseguite in precedenza, sono riportati nell'allegato n° 3, che costituisce parte integrante del presente studio.

Condizioni idrografiche ed idrogeologiche

Si ritiene opportuno fare alcune considerazioni circa l'influenza del Fiume Mulinello nei riguardi di un eventuale interrimento delle darsene provocato dal trasporto solido del corso d'acqua.

Il Mulinello, con un bacino idrografico dell'estensione di appena 44 Km² presenta le caratteristiche di una piccola "fiumara", senza averne tuttavia la pericolosità, nel senso che appare praticamente improbabile il verificarsi di eventi di piena come spesso avvengono nelle fiumare vere e proprie.

Infatti il regime a piovosità assai ridotto per la zona, la scarsa portata media del fiume, la ridotta pendenza dell'asta fluviale, la sua sinuosità specie nel tratto tra C. Mangano e la Masseria Mulinello, il fatto che sul greto del fiume in alcuni tratti a monte insistono coltivazioni in pianta stabile di agrumeti, fanno ritenere l'assenza delle condizioni tipiche per una importante portata liquida e di conseguenza di trasporto di materiale solido verso mare.

Una indagine sul posto, seppure con notizie di carattere storico-recenti, ha permesso di rilevare che la foce del fiume non ha subito apprezzabili variazioni di configurazione nel tempo e tale stabilità morfologica conferma una scarsa attività nel regime delle portate solide e liquide dell'asta fluviale. La formazione poi di piccole barre sabbiose che riducono il lume della foce (riva destra) testimonia che i fenomeni connessi all'ondazione, poco rilevante trattandosi di un braccio di mare chiuso, sono già sufficienti a contrastare la capacità di trasporto della corrente fluviale consentendo un accumulo di materiale presso la foce stessa.

Tettonica e sismicità

Come detto in precedenza, l'area esaminata occupa l'attuale bordo orientale dell'Avampese Ibleo ed è delimitata a nord dal sistema di faglie Lentini-Agnone, ad ovest dall'altipiano calcareo s.s. rappresentato da un horst calcareo delimitato a NW dal sistema Comiso-Chiaramonte, Monterosso-Pedagaggi ed a SE dal sistema Ispica-Rosolini ambedue con direzione NE-SW, a sud dalla dorsale Melilli-M.ti Climiti e ad est verso il largo dalla Scarpata Ibleo Maltese.

La zona in esame ricade geologicamente nel graben di Augusta, formato da depositi pleistocenici che colmano una depressione strutturale limitata da piccoli horst, ricoperti solo in parte dai sedimenti quaternari.

Il graben di Augusta è delimitato ad est da rilievi calcarei, l'horst di M.te Tauro, Cozzo Gisira, Cozzo Telegrafo, mentre a SW è interrotto dall'horst di Costa Mendola.

Dal punto di vista strutturale, possiamo individuare tre sistemi di faglie che ricadono nell'area in studio, uno con direzione NW-SE e gli altri due con direzione ENE-WSW e NNW-SSE.

Per quanto riguarda il primo sistema con direzione NW-SE, tali faglie erano già delimitate nel quaternario inferiore e risultano essere il risultato di faglie attive durante il Pliocene, che hanno determinato la formazione di scarpate, delimitate da horst, e successivamente riempite dai sedimenti quaternari (gaben di Augusta).

I sistemi di faglie più recenti sono quelli con direzione ENE-WSW, che oltre ad intersecare il sistema descritto in precedenza, crea delle dislocazioni mettendo a contatto i depositi pleistocenici con i calcari oligo-miocenici. Questo sistema si sarebbe sviluppato tra il pleistocene inferiore e il medio.

Il sistema diretto NNW-SSE, attivo per tutto il quaternario, è parallelo al sistema della scarpata Ibleo-Maltese.

D'analisi tettonica descritta in grandi linee, emerge con rilevanza come l'altopiano Ibleo è da considerarsi ad elevato rischio sismico. Questo giustifica come la zona in esame sia stata inclusa nelle località sismiche di II categoria in virtù del Decreto Ministeriale LL. PP. n°314 del 14 Novembre 1981 concernente "L'aggiornamento delle zone sismiche della Regione Sicilia".

Tale caratteristica, che ha avuto una ulteriore conferma nel terremoto del 13 Dicembre 1990, è stata data in considerazione anche del notevole incremento demografico ed industriale della zona.

A tal fine, come si vedrà nelle pagine seguenti, sono state esaminate le Mappe Isosismiche, per tutti i terremoti che si sono verificati nell'Avampese Ibleo dall'anno 1000 in poi, eventi con ipocentro a mare al largo della costa tra Augusta e Catania, ma non mancano eventi con ipocentro sulla terra. Tutti questi eventi si sono verificati per riattivazione del sistema di faglie legata alla scarpata Ibleo-Maltese.

Analisi della sismicità

Allo scopo di disporre di idonei elementi di giudizio per valutare il livello di sismicità che caratterizza il territorio in esame, è stata eseguita una indagine rivolta ad accertare gli effetti macrosismici registrati in passato nell'area di interesse.

A tal fine è stato, preliminarmente, preso in esame il Catalogo delle mappe isosismiche per i terremoti verificatisi in Sicilia ed in Calabria negli anni compresi tra il 1783 ed il 1978 (Barbano et al. 1980).

I terremoti considerati ai fini della valutazione di cui trattasi, sono quelli che hanno fatto registrare nell'area di interesse effetti di intensità (I M.S.K. – 64) pari o superiore a 3 nella scala proposta da Medvedev, Sponhauer e Karnik, raggruppati in funzione delle relative aree sismogenetiche.

In Tabella 1 sono riportati, secondo i criteri sopra descritti, gli eventi sismici di cui

trattasi.

Tabella 1
Terremoti nel periodo 1783-1978

| Data | Intensità (I M.S.K.) |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Catena costiera peri tirrenica | |
| 31.10.1893 | 3.5 |
| 10.12.1908 | 3.5 |
| 11.09.1934 | 5 |
| 15.04.1978 | 3 |
| Area orientale etnea | |
| 14.05.1989 | 4 |
| 30.01.1903 | 4 |
| Peloritani e Calabria | |
| 16.11.1894 | 5.5 |
| 16.11.1894 | 3 |
| 02.10.1904 | 4 |
| 08.09.1905 | 4 |
| 23.10.1907 | 3 |
| 02.12.1909 | 5 |
| Regione iblea | |
| 23.01.1893 | 3 |
| 12.01.1895 | 3 |
| 13.04.1895 | 3 |
| 11.02.1897 | 5 |
| 29.05.1897 | 3 |
| 02.11.1898 | 3.5 |
| 03.11.1898 | 3.5 |
| 01.11.1899 | 3 |
| 14.06.1904 | 4 |
| 18.02.1910 | 3 |
| 09.10.1949 | 5 |
| 23.12.1959 | 5 |

N.B. – Le intensità si riferiscono agli effetti registrati in corrispondenza del territorio comunale di Augusta e non alle relative intensità epicentrali.

Una prima osservazione che può immediatamente ricavarsi dall'esame della Tabella 1, riguarda i terremoti che hanno origine nell'ambito della catena costiera peri-tirrenica.

Questi eventi producono sempre, nell'area di interesse, effetti di scarsa rilevanza, come può dedursi dai campi macrosismici esaminati, che riportano perlopiù, valori di intensità intorno a 3-4, con la sola eccezione del terremoto dell'11 settembre 1934 che ha fatto registrare nell'area di interesse un'intensità pari a 5.

Analoghe considerazioni valgono per i terremoti che si originano nell'ambito dell'area orientale Etna.

Le caratteristiche proprie della sismicità di quest'area determinano, infatti, un addensamento delle isosiste in corrispondenza della zona epicentrale, producendo talvolta effetti locali estremamente accentuati ma con conseguenze quasi sempre limitate ad una regione assai ristretta.

Per quanto concerne le are sismogenetiche della Calabria e dello Stretto di Messina e invece da osservare che i terremoti che si originano in tali regioni possono avere, nell'ambito del territorio esaminato, effetti mediamente più elevati, con valori di intensità compresi tra 3 e 5.5.

Considerazioni del tutto diverse valgono, invece, per i terremoti che si originano nell'ambito della regione Iblea, a causa della prossimità delle strutture sismogenetiche di questa regione rispetto al territorio di interesse.

La sismicità della regione Iblea è quella che indubbiamente può rappresentare la più concreta minaccia, anche se non esistono evidenze di eventi sismici verificatisi in epoca storica, con epicentro nell'ambito del territorio comunale di Augusta.

I terremoti della regione Iblea che, in tempi recenti, si sono fatti risentire con maggiore intensità (I M.S.K. = 5) nell'area del territorio comunale di Augusta, sono quelli rispettivamente verificatisi nell'Ottobre 1949 e nel Dicembre 1959.

Vista pertanto la rilevanza della sismicità che compete alla regione Iblea, ai fini della valutazione del rischio sismico nell'ambito del territorio di interesse, tratteremo qui di seguito con maggiore dettaglio tale specifico argomento.

A tale scopo sono stati presi in esame tutti i terremoti con intensità (I M.S.K.) pari o superiore a 3, avvenuti nella regione Iblea nel periodo 1783-1973 (Carrozzo et al., 1975).

Il campione esaminato risultò quindi costituito da 240 eventi con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,8.

La relazione tra intensità M.S.K. e magnitudo, usata in questo studio, è stata ricavata da Karnik (1969) e da Casentino & Lombardo (1980):

$$M = (I + 0.08) * 0.53 + 1$$

I valori di conversione intensità – magnitudo sono riportati nella seguente Tabella 2:

Tabella 2

| Intensità | Magnitudo |
|------------------|------------------|
| 1 | 1.5 |
| 2 | 2.1 |
| 3 | 2.6 |
| 4 | 3.2 |
| 5 | 3.7 |
| 6 | 4.2 |
| 7 | 4.8 |
| 8 | 5.3 |
| 9 | 5.8 |
| 10 | 6.4 |
| 11 | 6.9 |
| 12 | 7.4 |

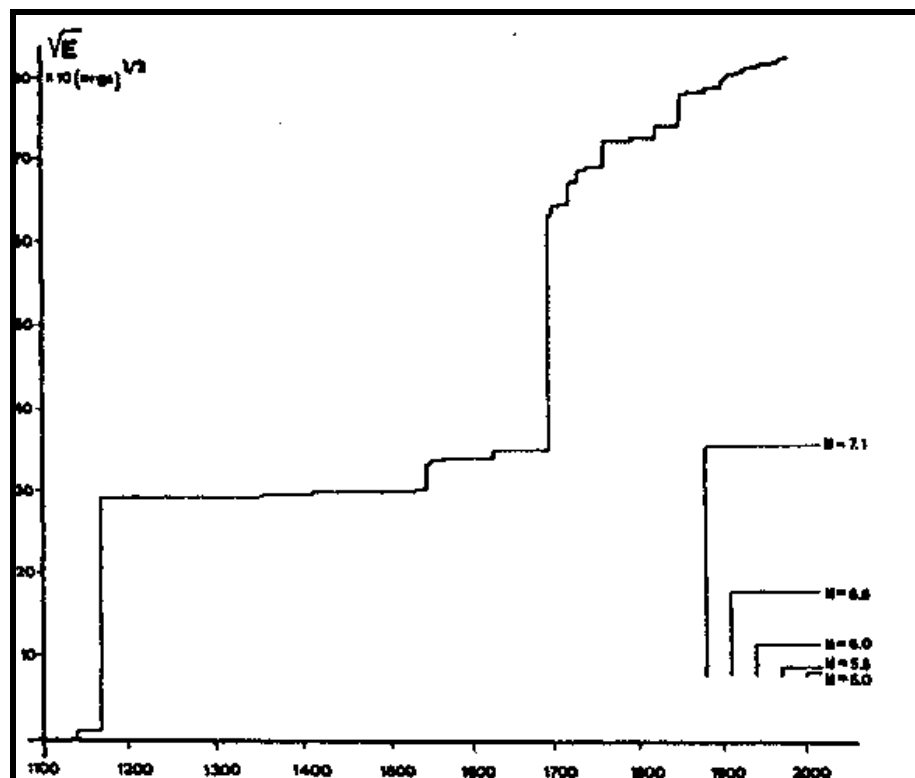
Sismicità dell'area in esame

L'analisi della distribuzione degli epicentri e dell'intensità massima dei terremoti osservati, individuano, come detto in precedenza, nella Sicilia Orientale, ed in particolare nella fascia costiera Iblea, una delle aree con più elevato rischio sismico.

In questo contesto, il territorio comunale di Augusta è stato incluso tra le zone sismiche di II categoria. In questo settore il meccanismo di innesco dei sismi è determinato dal ricorrente riattivarsi di sistemi di faglie regionali in conseguenza del moto subduttivo della Placca Maltese-Africana rispetto a quella Europea.

La tipologia ed il livello di sismicità dell'area iblea sono stati sommariamente studiati attraverso l'analisi del periodo di ritorno, del modello medio delle isosisme e del rischio sismico.

Infatti l'area Iblea per le sue caratteristiche geologiche-strutturali, presenta un diagramma di strainrelease, dove risultano lunghi i tempi di accumulo delle tensioni e notevoli i rilasci di energia. La curva di Benioff (FIG.1) permette di caratterizzare il comportamento della crosta e fornire indicazioni sui rapporti che intercorrono tra il rilascio di energia e i tempi di accumulo della stessa.



(FIG. 1 – CURVA DI BENIOFF)

Da questa curva si evince, come l'Avampaese Ibleo sia in grado di accumulare enormi quantitativi di energia in tempi relativamente lunghi e sprigionarle in tempi brevissimi, se comparati ai tempi di accumulo, dando vita a dei grossi fenomeni sismici (terremoti del 1169 e 1693 con $M=7.1$). Dopo il terremoto del 1693, l'andamento della curva si differenzia dalla parte precedente mostrando un maggiore dettaglio, e questo non significa che vi sia stato un cambiamento dello stile sismico, ma che vi è un maggiore numero di eventi registrati, anche se di piccola intensità, rispetto al passato.

Il terremoto del 1693, essendo esso il massimo terremoto avvenuto nell'area, viene considerato il "Terremoto di progetto" su cui bisogna basarsi per la progettazione urbanistica ed industriale.

Considerando la distanza dall'epicentro (circa 15 Km) si ha nella zona esaminata una intensità I di circa 9.5 gradi ricavata usando la seguente formula:

$$I = -a + b + c \log L + d \log I_0 + \ln L$$

dove:

$$a = 0.7671$$

$$b = 1.04$$

$$c = 0.002$$

$$I_0 = XI^\circ \text{ (intensità epicentrale)}$$

$$L = 15 \text{ Km (distanza media del sito dall'epicentro)}$$

Il calcolo dei periodi di ritorno è stato eseguito adottando il modello di distribuzione probabilistica proposto da Gumbel (1958) e successivamente applicato da altri autori, che prende il nome di metodo dei valori estremi, il quale indica i valori di circa 300 anni per la massima intensità attesa al sito.

Nel caso dell'area in esame, per il calcolo delle accelerazioni, si è usata la relazione di Gutenberg-Richter, che da il valore dell'accelerazione massima orizzontale secondo la

seguinte formula:

$$\lg a = 0.33 I - 0.5$$

Assumendo come accelerazione attesa al sito quella relativa al terremoto dell' 11 Gennaio 1693, ed essendo la distanza epicentrale di 15 Km e l'intensità, per le leggi di attenuazione, di 9.5° in base alla relazione sopra citata, si ha una accelerazione massima orizzontale di circa 0.4 g.

Considerata la situazione strutturale e la sismicità storica dell'area, quest'ultima rientra nelle zone sismiche di II categoria con i seguenti parametri sismologici:

$$S = 9$$

Grado di sismicità

$$C = (S-2) / 100 = 0.07$$

Coefficiente di intensità sismica

Nella normativa sismica italiana, assume notevole importanza il fattore rappresentativo del terreno su cui dovrà realizzarsi l'opera, per la determinazione del coefficiente sismico di progetto per l'interazione terreno-struttura, fattore decisivo per le caratteristiche locali del terreno.

L'energia elastica che si sprigiona da una sorgente sismica possiede all'origine uno spettro di frequenza assai vario e non determinabile a priori, che dipende essenzialmente dai meccanismi focali.

La propagazione di questa energia attraverso il mezzo geologico, che può essere considerato alla stregua di un trasduttore, determina spesso una modificazione dello spettro proprio della sorgente, mediante effetti selettivi che tendono ad amplificare alcune frequenze e ad assorbirne altre.

Tale "effetto filtro" assume particolare importanza se riferito agli strati più superficiali che vengono a diretto contatto con le opere di fondazione o sono interessati dalla trasmissione dei carichi esercitati dalle strutture stesse.

la valutazione delle locali caratteristiche litologiche e fisico meccaniche dei terreni di

fondazione assume quindi particolare importanza nell'analisi delle possibili sollecitazioni indotte nella struttura.

Terreni caratterizzati da coesione bassa o nulla tendono a selezionare le frequenze di oscillazione del suolo, verso i valori più bassi dello spettro, che essendo prossimi ai periodi propri di oscillazione delle strutture, possono produrre quei temuti effetti di risonanza che sono spesso causa del collasso delle strutture stesse.

La valutazione dei suddetti valori al fine della quantificazione dell'interazione terreno-struttura sotto l'azione del sisma, viene effettuata adoperando il coefficiente sismico di progetto (K_s) così definito:

$$K_s = C \times R \times C_f$$

dove:

C = 0.08 **Coefficiente di intensità sismica**

R = Coefficiente di risposta della struttura con i seguenti valori:

$$T^\circ = 0.8 \text{ sec.}$$

$$R = 0.862/T \times 2/3$$

$$T^\circ < 0.8 \text{ sec.}$$

$$R = 1$$

essendo T° il periodo fondamentale di vibrazione della struttura.

C_f = coefficiente di fondazione espresso come segue:

$$C_f = C_{f1} \times A_1 \times A_2$$

dove:

C_{f1} = coefficiente dipendente dalle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche del sedime fondale: nel caso in esame pari ad 1

A_1 = coefficiente dipendente dalle condizioni di acclività del versante. Nel caso in esame pari ad 1

A_2 = coefficiente funzione della capacità del terreno di assorbire le onde di taglio. Nel caso

in esame 0.9

Pertanto il coefficiente di fondazione nel caso in esame è pari a:

$$C_f = 1$$

per cui il coefficiente sismico di progetto considerando $R = 1$, risulta:

$$K_s = 0.07$$

In base a tale valore di K_s , l'angolo di inclinazione della componente verticale dovuta all'evento sismico risulta:

$$= \arctg K_s = \arctg 0.07 = 4^\circ$$

Indagini eseguite

Dal complesso delle indagini geognostiche a tutt'oggi eseguite, sono state selezionate quelle verticali d'indagine, che risultano maggiormente significative alla scala di progetto ed in particolare quei sondaggi e prove penetrometriche statiche che sono state utilizzate per la costruzione delle sezioni stratigrafiche A – A', C – C' E D – D' (Allegato n°5 e 6).

Per una migliore lettura di quanto verrà esposto in seguito, si riportano per ogni sezione stratigrafica, le verticali d'indagine utilizzate, la cui profondità massima è riferita al piano campagna o al fondale nel caso di prove a mare.

SEZIONE STRATIGRAFICA A – A'

| | | |
|------------------|----|----------|
| Sondaggi a mare | M1 | m. 16.50 |
| | M2 | m. 18.50 |
| | M3 | m. 26.00 |
| Sondaggi a terra | T5 | m. 2.00 |

SEZIONE STRATIGRAFICA C - C'

| | | |
|--|------|----------|
| Sondaggi a mare | M3 | m. 26.00 |
| | M5 | m. 25.00 |
| | M7 | m. 23.00 |
| Sondaggi a terra | T1 | m. 20.00 |
| | T4 | m. 20.00 |
| Prove penetrometriche statiche a terra | PP1 | m. 11.40 |
| | PP3T | m. 14.40 |
| Prove penetrometriche statiche a mare | PP3 | m. 16.40 |

SEZIONE STRATIGRAFICA D – D'

| | | |
|---------------------------------------|-----|----------|
| Sondaggi a mare | M2 | m. 18.50 |
| | M4 | m. 25.00 |
| | M6 | m. 18.00 |
| | M8 | m. 13.70 |
| | M11 | m. 15.00 |
| Prove penetrometriche statiche a mare | PP4 | m. 14.00 |

E' stato inoltre utilizzato il sondaggio a terra S8, spinto fino a m. 18.20 dal piano campagna.

Le stratigrafie dei sondaggi riportano, oltre alla successione litostratigrafia, indicazioni relative alla profondità di prelievo dei campioni indisturbati, nonché, per i sondaggi ubicati sulla terra ferma, dati riguardanti la profondità della falda freatica accertata subito dopo il termine della perforazione.

Su numerosi campioni sono state eseguite le seguenti prove per la determinazione dei parametri geotecnica:

- limiti di Atterberg;
- Analisi granulometriche per vagliatura;
- Determinazione del peso di volume;
- Contenuto naturale d'acqua;
- Prove edometriche;
- Prove triassiali;
- Prove di taglio diretto.

I risultati di tali prove, che costituiscono parte integrante del presente studio, sono riportati in allegato alla relazione geologica e geotecnica redatta in fase di progettazione generale.

Caratteristiche fisico – meccaniche dell'ammasso fondale

I sondaggi e le prove penetrometriche, eseguite in differenti fasi (riportate nelle relazioni relative al progetto generale ed in quello redatto per la progettazione del II° lotto I° stralcio funzionale, completamento e terza fase banchine containers), sono stati ubicati un po' ovunque, nei punti particolarmente significativi, tra la Foce del fiume Mulinello e la zona oltre il Forte Garcia per coprire l'area dalle opere portuali previste dal Piano Regolatore.

Lo scopo era, pertanto, quello di avere un'indagine abbastanza estesa con una frequenza di punti tale da dare un quadro sufficiente delle condizioni litologiche e giaciture di tutto il sottosuolo portuale; in particolare, in aggiunta alle indagini eseguite a cavaliere nel 1979, ne sono state realizzate, in occasione del II° lotto funzionale, ulteriori 5, ed in occasione del completamento del II lotto ulteriori 2 (S1 e S2 nel 2003).

Inoltre, si è cercato di spingere il più possibile in profondità l'esame geognostico diretto; si è raggiunta, così, una quota massima di (-30.00 m) dal livello medio del mare

(l.m.m.).

Una prima visione dell'andamento stratigrafico del sottosuolo e delle sue caratteristiche meccaniche si ha dall'esame particolare delle singole stratigrafie e dai singoli diagrammi di resistenza penetrometrica.

Si è però ricostruito l'andamento stratigrafico generale di tutta l'area visualizzando una serie di 5 profili stratigrafici (allegati alla relazione geologica relativa al progetto del II° lotto I° stralcio), secondo alcune direttrici che potessero interessare probabili allineamenti di banchine ma anche le stesse aree di servizio previste in terraferma nell'attuale zona delle saline.

Alcuni di tali profili sono stati riportati nell'allegato n° 5 in calce alla presente. I profili C-C' e D-D' hanno andamento grosso modo da W a E, quello C-C' andamento da N a S.

Inoltre nell'area di progetto sono state tracciate altre 5 sezioni geolitologiche riportati nell'allegato n° 4, che mostrano l'andamento del fondale e la presenza quasi continua di limi sabbiosi con abbondanti resti carboniosi, fortunatamente di pochi spessori.

Dall'analisi attenta dei numerosi dati in nostro possesso emerge un quadro geotecnica definito e abbastanza continuo, sia pure con l'interferenza di qualche elemento eterogeneo, che però è solo locale e tale da non alterare l'andamento generale della situazione.

Dal punto di vista delle proprietà indici, in particolare dai limiti di Attenberg, i terreni esaminati sono tutti a prevalenza argillo-limoso; i valori assoluti di W_l e W_p abbracciano un campo abbastanza vasto, che va dal 30% per W_p all'80% per W_l , come pure la loro differenza $W_l - W_p = I_p$ (cioè l'indice di plasticità) che va da 10 a 40, senza una particolare preferenza di ubicazione.

D'altra parte ciò è comprensibile se si pensa alla sedimentazione avvenuta in ambiente marino con variazioni dei contenuti limosi e argillosi succedutesi nei diversi periodi di tempo.

Sono stati individuati nettamente due strati di terreni argillo-limosi uno superficiale di spessore fino a 16 metri circa ed uno susseguente, di cui lo spessore è notevolmente

maggiore, comunque oltre le profondità esaminate.

Il primo strato superiore ha un contenuto d'acqua che si colloca vicino al valore del W_l o addirittura, lo supera, significando uno stato di sottoconsolidamento e di forte inconsistenza.

La resistenza R_p praticamente è nulla in corrispondenza di tali terreni, almeno per i primi metri, finché si incontra il banco compatto sovraconsolidato, rappresentato dalla formazione delle argille grigio-azzurre.

Quest'ultimo ha un tenore d'acqua sempre prossimo al W_p o anche inferiore, e, corrispondentemente, la resistenza di punta si attesta su valori di 30, che è molto elevata per terreni coerenti.

In questo banco di argilla-limosa compatta le numerose prove effettuate, sia in situ che in laboratorio, hanno permesso di considerare cinque determinazioni diverse della resistenza al taglio per ogni campione di terreno, delle quali si può considerare un valore medio, con buona attendibilità, quindi, dei risultati.

Mentre la resistenza al taglio, espressa in termini di coesione non drenata C_u , dei fanghi inconsistenti superiori assume entità praticamente trascurabili (0,1 Kg/cm²), quella dell'argilla compatta si porta su valori compresi fra 1.2 e 2.1 Kg/cm² con una media, che può essere generalizzata, di 1.5 Kg/cm² (14.7 N/cm²).

La delimitazione netta di comportamento e di resistenza dei due strati, sopra definiti, esistenti in mare, si ripete in un certo senso, anche nell'area emergente, ma la differenza non è così netta.

I limi argillosi superficiali assumono qui una certa consistenza, che può essere caratterizzata da un valore medio della compressione semplice di 0.5 Kg/cm² e che in qualche caso può rappresentare un valore accettabile per certi tipi di opere e strutture.

Le argille compatte sono caratterizzate da indici di compressibilità molto bassi, che conducono a valori trascurabili dei cedimenti per il campo di sollecitazione imposto dalle

strutture portuali.

Le argille superficiali a terra danno invece degli indici di compressibilità che permettono una valutazione dei cedimenti sotto carico, qualora esse siano interessate da qualche carico superficiale, in maniera da poter accettare o meno la loro presenza nello stato in cui si trovano.

In considerazione dei dati sopradescritti, dal punto di vista geotecnica è possibile distinguere, in tutta l'area in progetto, uno strato superficiale costituito da terreni limo-argillosi, definito per comodità, livello A la cui potenza massima è di circa 16 metri a cui seguono i sedimenti argillo-limosi appartenenti alla formazione delle argille grigio-azzurre, definito livello B, la cui potenza è nettamente superiore a quella investigata.

Sulla base delle prove geotecniche in sito e delle analisi di laboratorio è possibile, sinteticamente, attribuire a tali livelli le seguenti caratteristiche geotecniche:

LIVELLO A – Depositi recenti

Limi-argillosi (giallastri) normal consolidati soffici

Peso di volume naturale (medio) $\gamma' = 1.8. \div 1.9 \text{ t/mc};$

Angolo di attrito interno $\varphi_u = 0^\circ;$

Coesione non drenata $C_u = 0.4 \div 1.0 \text{ t/mq};$

LIVELLO B – Argille-marnose integre sovraconsolidate

Peso di volume naturale (medio) $\gamma' = 1.9 \div 2.0 \text{ t/mc};$

Angolo di attrito interno $\varphi_u = 4^\circ \div 12^\circ;$

Coesione non drenata $C_u = 15 \div 25 \text{ t/mq}$

Per la calcolazione delle opere a terra, in particolare, in base alle correlazioni effettuate ed alla luce dei dati emersi (con prove VT, PP ed SPT all'interno dei fori recentemente eseguiti), potranno adottarsi i sottoriportati valori dei parametri geotecnici, da verificare, in ogni caso, in fase di progettazione esecutiva mediante la prevista campagna di indagini:

LIVELLO A – Limi-argillosi (giallastri) normal consolidati soffici (da 0 a circa m 4 ÷ 9)

Peso di volume naturale (medio) $\gamma' = 1.8. \div 1.9 \text{ t/mc};$

Angolo di attrito interno $\varphi_u = 0^\circ;$

Coesione non drenata $C_u = 0.4 \div 1.0 \text{ t/mq};$

LIVELLO B – argille-marnose grigio-azzurre, integre, sovraconsolidate

In termini di tensioni totali:

Peso di volume naturale (medio) $\gamma' = 1.9 \div 2.0 \text{ t/mc};$

Angolo di attrito interno $\varphi_u = 4^\circ \div 12^\circ;$

Coesione non drenata $C_u = 15 \div 25 \text{ t/mq};$

In termini di tensioni efficaci:

Peso di volume naturale (medio) $\gamma' = 1.9 \div 2.0 \text{ t/mc};$

Angolo di attrito interno $\varphi' = 22^\circ \div 24^\circ;$

Coesione non drenata $C' = 4 \div 10 \text{ t/mq};$

Considerazioni conclusive

In conclusione, i dati sopra riportati, insieme a quelli emersi nel corso dei “localizzati accertamenti diretti ed indiretti” eseguiti sia di recente, che durante le varie fasi di realizzazione del porto, hanno fornito tutti quegli elementi geologico-tecnici necessari per valutare e determinare il sistema fondale più opportuno e più consono alle opere portuali da realizzare.

La situazione generale, specie quella geotecnica, si può dire delineata in maniera che la scelta della tipologia delle opere si può considerare ristretta a pochi schemi.

Dal punto di vista sismico, è bene ricordare il terremoto del 13 Dicembre 1990, che non ha arrecato alcun danno alle opere già realizzate, in quanto questi ultimi erano stati progettati e dimensionati in base al “Terremoto di progetto”, cioè quell’evento avvenuto nel 1693 con intensità pari all’XI grado della scala Mercalli Modificata, essendo esso il massimo

terremoto avvenuto nell'area e quindi, secondo le normative in vigore, il massimo terremoto atteso, in base al quale bisogna calibrare tutta la progettazione urbanistica ed industriale.

Inoltre dai sondaggi sismici a rifrazione eseguiti nel 1996, su tutta l'area in rilevato, a messo in evidenza l'ottima compattazione e le buone caratteristiche meccaniche del rilevato stesso, con velocità delle onde sismiche abbastanza elevate, ciò anche in considerazione del terremoto del Dicembre 1990, che quindi non ha arrecato alcun danno.

Terrapieni e tecnica di posa in opera

L'applicazione di soluzioni progettuali che prevedono la realizzazione di un terrapieno (rilevato) quale sedime di imposta delle fondazioni, impone il ricorso a terre idonee, nonché una opportuna tecnica di messa in opera che conferisca un elevato ed uniforme grado di addensamento all'ammasso.

La corretta esecuzione di tali interventi consente, infatti oltre a conferire uniformità di comportamento geo-meccanico, di prevenire i dannosi effetti di rotture localizzate e vistosi cedimenti di addensamento causati dallo svilupparsi di azioni sismiche. Per i materiali che, pertanto, dovranno utilizzarsi, si dovrà fare ricorso a terre aride del Gruppo A1 (Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006), reperibili, previo selezionamento, nelle cave di materiale basaltico o carbonatico presenti nel circondario.

La messa in opera, dovrà eseguirsi in strati di spessore non eccedente i 30 – 40 cm opportunamente umidificati e compattati con rulli vibranti fino al raggiungimento del 95% - 100% della densità massima AASHO mod.

Il grado della raggiunta compattazione dovrà essere verificato con prove di densità in situ e, ove ciò non risultasse possibile (presenza di forti concentrazioni clastiche) con prove di carico su piastra.

In quest'ultimo caso i valori del modulo di deformazione M_c , calcolati nell'intervallo di pressione compreso fra 2.5 e 3.5 Kg/cm², non dovranno risultare inferiori a 1000 Kg/cm².