

REGIONE SICILLIANA



COMUNE DI MARSALA

Provincia di Trapani



PROGETTO DEFINITIVO MARINA DI MARSALA FUTURO PIANO REGOLATORE PORTUALE

Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l

PIANO DI UTILIZZO DEI SEDIMENTI DI DRAGAGGIO

SETTEMBRE 2014

Redatto da: Dott. Geologo Piero Merk Ricordi



INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
1. 2. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA	7
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E ANALISI DEI FONDALI.....	8
2.1. UBICAZIONE DEL SITO DI PRODUZIONE DEL MATERIALE DA SCAVO.....	11
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	16
3.1. CONTESTO GEOLOGICO - TETTONICA, GEOLOGIA E STRATIGRAFIA.....	16
3.2. DESCRIZIONE DEL CONTESTO IDROGEOLOGICO DELLA ZONA.....	22
3.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI.....	26
3.4. CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTOLOGICA	29
3.5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	33
3.6. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E STRUTTURALE DELL' AREA.....	38
3.7. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE SUL SITO	39
4. INQUADRAMENTO URBANISTICO.....	41
5. SITI DI UTILIZZO E PROCESSI INDUSTRIALI DI IMPIEGO.....	42
5.1. PERCORSI DI TRASPORTO DEL MATERIALE DA SCAVO	44
5.2. VOLUMETRIE MATERIALI E CICLI DI LAVORAZIONE	45
5.3. MODALITÀ DI DRAGAGGIO E RIUTILIZZO DEI SEDIMENTI MARINI	46
5.3.1. TECNICHE DI DRAGAGGIO DA ADOTTARE	47
5.3.2. IL DRAGAGGIO IDRAULICO	47
5.3.3. IL TRASPORTO DEI SEDIMENTI DI DRAGAGGIO	49
6. MIGLIORAMENTO CARATT. MERCEOLOGICHE – DISIDRATAZIONE	51
7. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI.....	53
7.1. MODALITA' DI ESECUZIONE	53
7.1.1. PRELIEVI DI SEDIMENTO	53
7.1.2. PRELIEVI DI ACQUE	54
7.1.3. STABULAZIONI.....	55
7.2. RISULTATI	55
8. CONCLUSIONI	64

1. PREMESSA

Il presente documento illustra una proposta di riutilizzo dei sedimenti provenienti dalle



operazioni di dragaggio dei fondali previste nel progetto definitivo “Marina di Marsala e futuro PRP”, presentato dalla Società Marsala Yachting Resort Srl (M.Y.R.) ed approvato in sede di Conferenza di Servizi del 10/04/2014, convocata dell’Art. 6 del DPR 509/97, come recepito dalla Regione Sicilia con l’art. 75 della legge regionale 16 aprile 2003 n. 4.

A seguito dell’approvazione in sede di Conferenza di Servizi, il progetto definitivo del Marina di

Marsala è stato sottoposto alla fase conclusiva della procedura di VIA integrata di VAS, attualmente in corso presso il Ministero dell’Ambiente. Stante che l’ipotesi progettuale corrente consiste nel conferimento a discarica dei materiali di dragaggio, il presente Piano di Utilizzo individua una possibile soluzione alternativa per il recupero dei sedimenti, al fine di poter essere esaminata nell’ambito della procedura di valutazione ambientale in corso, per l’acquisizione dei necessari pareri approvativi.

Nello specifico, il presente documento verifica la possibilità di reimpiego dei materiali di dragaggio, provenienti dalla realizzazione del progetto del Marina di Marsala, presso l’area di destinazione identificata come “*area della Colmata di Casabianca*”, ubicata nel lungomare sud di Marsala in continuità con il porto, offrendo un significativo contributo all’avanzamento di un’iniziativa di pubblico beneficio, avviata dalle amministrazioni locali ed orientata alla riqualificazione del lungomare marsalese.

Gli indirizzi strategici per il recupero e riqualificazione del waterfront cittadino, mediante il ripascimento delle suddette aree costiere, sono stati individuati con l’elaborazione dello *studio di fattibilità per la costituzione di una Società di Trasformazione Urbana (STU) per l’attuazione del progetto strategico “Marsala - il sistema costiero”*, approvato con delibera di G.M. n. 210/2008 e mirato a valorizzare i punti di forza del sistema territoriale e il suo rapporto con il mare.

Dopo una prima fase di implementazione, basata sul reimpiego dei fondali di dragaggio del porto di Trapani, i lavori di realizzazione “*dell’area della Colmata di Casabianca*”, si trovano oggi in uno stato di parziale completamento da parte delle amministrazioni locali. Le ipotesi di riutilizzo dei materiali di dragaggio previste nel presente piano rappresentano dunque un’opportunità di perseguimento di sinergie tra pubblico e privato, nella conduzione di iniziative di riqualificazione territoriale.

Il presente documento si basa, oltre che sul D.Lgs. 152 del 2006 - Norme in materia ambientale – Art. 109 e sul D.M. 24/01/1996 – Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni inerenti alla gestione dei materiali da scavo in ambiente marino, sul testo del DM 161/2012 e specificatamente gli allegati 4 e 5. In particolare l’allegato 5 riporta testualmente :

“**Il Piano di Utilizzo** indica che i materiali da scavo derivanti dalla realizzazione di opere o attività manutentive di cui all'art. 1, comma 1 lettera a) del presente Regolamento saranno utilizzate, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi purché esplicitamente indicato.

Il Piano di Utilizzo deve definire:

1. ubicazione dei siti di produzione dei materiali da scavo con l'indicazione dei relativi volumi in banco suddivisi nelle diverse litologie;

2. ubicazione dei siti di utilizzo e individuazione dei processi industriali di impiego dei materiali da scavo con l'indicazione dei relativi volumi di utilizzo suddivisi nelle diverse tipologie e sulla base della provenienza dai vari siti di produzione. I siti e i processi industriali di impiego possono essere alternativi tra loro;

3. operazioni di normale pratica industriale finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali da scavo per il loro utilizzo, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3;

4. modalità di esecuzione e risultanze della caratterizzazione ambientale dei materiali da scavo eseguita in fase progettuale, indicando in particolare:

- i risultati dell'indagine conoscitiva dell'area di intervento (fonti bibliografiche, studi pregressi, fonti cartografiche, ecc) con particolare attenzione alle attività antropiche svolte nel sito o di caratteristiche naturali dei siti che possono comportare la presenza di materiali con sostanze specifiche;

- le modalità di campionamento, preparazione dei campioni ed analisi con indicazione del set dei parametri analitici considerati che tenga conto della composizione naturale dei materiali da scavo, delle attività antropiche pregresse svolte nel sito di produzione e delle tecniche di scavo che si prevede di adottare e che comunque espliciti quanto indicato agli allegati 2 e 4 del presente Regolamento;

- indicazione della necessità o meno di ulteriori approfondimenti in corso d'opera e dei relativi criteri generali da eseguirsi secondo quanto indicato nell'allegato 8, parte a);

5. ubicazione delle eventuali siti di deposito intermedio in attesa di utilizzo, anche alternative tra loro con l'indicazione dei tempi di deposito;

6. individuazione dei percorsi previsti per il trasporto materiale da scavo tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione (siti di produzione, aree di caratterizzazione, aree di deposito in attesa di utilizzo, siti di utilizzo e processi industriali di impiego) ed indicazione delle modalità di trasporto previste (a mezzo strada, ferrovia, slurrydotto, nastro trasportatore, ecc.).

Al fine di esplicitare quanto richiesto il Piano di Utilizzo deve avere, anche in riferimento alla caratterizzazione dei materiali da scavo, i seguenti elementi per tutte i siti interessati dalla produzione alla destinazione, ivi comprese aree temporanee, viabilità, ecc:

1. inquadramento territoriale

a) denominazione dei siti, desunta dalla toponomastica del luogo;

b) ubicazione dei siti (comune, via, numero civico se presente);

- c) estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale (CTR);
- d) corografia (preferibilmente scala 1:5.000);
- e) planimetrie con impianti, sottoservizi sia presenti che smantellati e da realizzare (preferibilmente scala 1:5.000);

2. Inquadramento urbanistico:

2.1 Individuazione della destinazione d'uso urbanistica attuale e futura, con allegata cartografia da strumento urbanistico vigente;

3. Inquadramento geologico ed idrogeologico:

3.1 descrizione del contesto geologico della zona, anche mediante l'utilizzo di informazioni derivanti da pregresse relazioni geologiche e geotecniche;

3.2 ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo, mediante l'utilizzo dei risultati di eventuali indagini geognostiche e geofisiche già attuate. I riporti se presenti dovranno essere evidenziati nella ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo;

3.3 descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia) anche mediante indagini pregresse;

3.4 livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri se presenti (cartografia preferibilmente a scala 1:5.000);

4. descrizione delle attività svolte sul sito:

4.1 uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito;

4.2 definizione delle aree a maggiore possibilità di inquinamento e dei possibili percorsi di migrazione;

4.3 identificazione delle possibili sostanze presenti;

4.4 risultati di eventuali pregresse indagini ambientali e relative analisi chimiche fisiche;

5. piano di campionamento e analisi

5.1 descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;

5.2 localizzazione dei punti mediante planimetrie;

5.3 elenco delle sostanze da ricercare come dettagliato nell'allegato 4;

5.4 descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione."

Quindi il piano descritto riporterà, oltre che un resoconto dello studio geologico e sedimentologico anche i risultati del piano di caratterizzazione eseguiti a supporto del progetto definitivo e deve intendersi anche quale documento conseguente al piano di manutenzione dei fondali allegato al progetto definitivo in previsione dell'esecuzione del dragaggio e della realizzazione delle strutture previste per cui sono stati eseguiti il piano di indagine ed il piano di caratterizzazione ambientale approvati sia dalla Direzione dei Lavori che dall'ARPA Sicilia secondo il protocollo ICRAM che hanno anche consentito di delineare l'attuale stato di salute dell'area con le eventuali problematiche e di individuare tutte le emergenze su cui concentrare l'eventuale risanamento.

1.1. Documentazione di riferimento

Per ciò che riguarda la documentazione di riferimento a supporto del presente elaborato possono essere reperiti ulteriori dettagli nei seguenti documenti contenuti nel Progetto Definitivo del Marina di Marsala e futuro PRP approvato con seduta della Conferenza di Servizi del 10 aprile 2014:

RG R.01	Relazione Generale
AP D.01	Carta nautica - Corografia - Carta Tecnica Regionale - Ortofoto
AP D.03	Viabilità, emergenze storiche d'interesse economico
AP D.04	Stralcio di PRP - Scala 1:2.000
AP D.07	Planimetria dello stato di fatto - Scala 1:2.000
AP P.01	Masterplan PRP
AP P.07	Planimetria di confronto tra lo stato di fatto e la proposta di PRP
AP P.11	Norme tecniche di attuazione PRP
AP R.06	Relazione geologica – tecnica
AP R.07	Risultati delle indagini geognostiche, climatologiche, sedimentologiche ed ambientali
AP R.08	Relazione geotecnica
AP R.09	Relazione integrativa piano d'indagine
DF R.01	Relazione tecnica
DF S.01	Planimetria generale con indicazione degli interventi previsti
DF S.02	Molo di Levante - planimetria e sezioni tipo
DF S.03	Molo di Levante - Carpenteria cassoni
DF S.05	Planimetria di dragaggio e computo dei volumi

Inoltre sono stati consultati i seguenti studi e progetti :

- Studio di fattibilità per la costituzione di una Società di Trasformazione Urbana – STU.
- (P.U.D.M.) Piano di Utilizzo del Demanio Marittimo del Comune di Marsala ai sensi dell'art. 4 della L.R. 15/2005
- Progetto Pubblico del Porto di Marsala – Opere di Messa in Sicurezza redatto dall'Ufficio Progettazione del Ministero Infrastrutture e dei Trasporti – Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche Sicilia e Calabria – Ufficio Opere Marittime per la Sicilia.
- Piano Integrato di Sviluppo Territoriale (PIST). - Progetto per la riqualificazione urbanistica ed ambientale dell'area di colmata, Waterfront dell'area adiacente al Porto di Marsala”.

1. 2. Documentazione allegata

Il presente documento è integrato dai seguenti allegati:

Tav. 1 – Dragaggio del Giugno 2003.

Tav. 2 – Aree di prelievo dei campioni del piano di caratterizzazione

Tav. 3 – Ciclo di lavorazione dei sedimenti di dragaggio e fasi di disidratazione

Tav. 4 – Diagramma del ciclo di disidratazione

Tav. 5 – Area della Colmata di C.da Casabianca interessata dal presente progetto. Scala 1:10.000.

Tav. 6 – Localizzazione aree di dragaggio, trattamento e stoccaggio definitivo dei sedimenti con indicazione dei tragitti.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E ANALISI DEI FONDALI

Il porto di Marsala, prospiciente l'omonimo centro abitato, è ubicato sulla costa siciliana al centro del Mediterraneo meridionale in corrispondenza del Canale di Sicilia, braccio di mare largo circa 145 km con batimetrie fortemente variabili e talvolta esigue che consentono di definirlo come una soglia siculo tunisina che separa l'Europa dall'Africa.

Nell'inquadramento IGMI su scala 1:25.000, è ubicato alla tavoletta "Marsala" F° 256 II NE alle coordinate geografiche Lat. 37° 47' 24"N e Long. 12° 26' 10"E ed UTM 33S 274098 4185741. Nella CTAR è indicato al n. 617020 tavoletta "Marsala" scala 1:10.000.

Geomorfologicamente il porto di Marsala è ubicato al margine nord occidentale dell'unità fisiografica (foto sotto) compresa fra capo Boèo a nord e Punta Biscione a sud su una zona interessata da una delle piattaforme carbonatiche costiere che costituiscono le pianure quaternarie che circondano i complessi geologico – strutturali più antichi della Sicilia occidentale e che degradano verso il mare a SW con acclività medie variabili fra 1° e 4°.



La morfologia tavolare del settore di superficie è attribuibile alla presenza del sistema di terrazzi calcarenitici quaternari articolato in quattro cicli, culminanti con quello più rappresentativo denominato Grande Terrazzo Superiore (GTS).

Tale sistema geologico prosegue anche sotto il livello del mare almeno entro la fascia litorale approssimativamente entro il limite della isobata -10 mt slm per quanto è stato possibile accertare sulla base di alcune immersioni effettuate su Capo Boéo.

Nell'unità fisiografica in esame, molto esposta come evincibile dal diagramma di distesa libera (vedi progetto definitivo), la costituzione meno erodibile ai margini indica chiaramente come fra le due tipologie di calcarenite, il GTS, affiorante in corrispondenza dei margini dell'unità, sia meno erodibile dell'altra tipologia, più tenera ed affiorante al centro della detta unità.

I terreni che interessano specificatamente il fondale del porto di Marsala sono riferibili ai terreni tardorogeni in cui si annoverano i depositi di genesi marina del Pleistocene inferiore rappresentati da biocalcareni e biocalciruditi con granuli quarzosi, e intercalazioni di argille siltose, passanti superiormente a marne siltose e sabbie quarzose del Pleistocene medio.

Lungo la fascia costiera nel settore meridionale si possono osservare estesi depositi di sedimenti di mare basso e di piattaforma con le calcarenite giallastre, a vario grado di cementazione con lenti sabbiose e argillose dell'Emiliano superiore – Siciliano conosciute come "Calcarenite di Marsala".

Gli affioramenti calcarenitici terrazzati del Pleistocene medio appartenenti al "Grande Terrazzo Superiore" (G.T.S.) del Tirreniano, come già esposto al paragrafo precedente, sono da mettere in relazione con le oscillazioni eustatiche e con i movimenti tettonici.

Infine, in quasi tutto il settore costiero si osserva la presenza, di affioramenti più o meno estesi, di depositi di genesi continentale costituiti da conglomerati fluviali, depositi palustri, sabbie quarzose eoliche, paleosuoli, alluvioni antiche terrazzate e non e recenti, depositi di spiaggia e detriti di falda.

Per ciò che riguarda i sedimenti palustri, diffusamente presenti nel sottosuolo soprattutto dell'area di Margitello, sono costituiti da limi neri e argille scure a contenuto sabbioso generati dalla evoluzione di ambienti lagunari, localizzati nel settore più settentrionale della darsena e che, concordemente anche con i piani di indagine eseguiti in precedenza, interessano un settore specifico dell'area in studio compreso fra la radice del molo Colombo, la via colonnello Maltese ed il lungomare Mediterraneo.

Dal punto di vista geomorfologico, il fondale si può dividere in tre settori: quello più interno fino all'imboccatura sul lato del molo Colombo che è stato oggetto di dragaggio nel 2003, un secondo settore fra l'attuale molo di sottoflutto e la strada litoranea ed un terzo settore, fuori l'imboccatura e a ridosso della diga di sopraflutto che ancora conserva il canale di navigabilità dragato nel 1987 ma che avrebbe bisogno di una manutenzione ordinaria.

In effetti, il dragaggio del 2003 (Vedi tav. 1), modificando la batimetria del fondale del settore interno, ha reso nel tempo tutte quelle indicazioni che hanno consentito di ricostruire la dinamica di deposizione e trasporto interno e potrebbe costituire anche il dato da cui partire per le successive fasi di monitoraggio.

Dall'analisi dei dati geologici per i quali si rimanda agli elaborati del Progetto definitivo AP R.06 e AP R.07, tutta la darsena presenta un assetto geomorfologico degradante verso SW ma con una batimetria piuttosto irregolare a causa del deposito di ricoprimento con aree in cui le isobate, partendo dalla zona dei cantieri a nord con una profondità media intorno a -2,00 m slm – 3,00 m slm, e procedendo verso sud scendono intorno al -4,00 m – 6,00 m sul slm, ma con alcune zone localizzate in cui la profondità si riduce fino anche a -2,40 m slm che, in occasione della bassa marea, può arrivare anche a -1,90 m slm.

Nel settore che corre lungo la strada litoranea, la batimetria risente della vicinanza della costa e dell'urbanizzazione per cui si osserva una riduzione progressiva delle isobate con brusca risalita in prossimità del rilevato e della massicciata stradale. In questo settore le isobate raramente scendono oltre 3,50 m slm.

L'imboccatura, in corrispondenza del molo Colombo, presenta invece una batimetria più regolare, con un canale di navigabilità stabile intorno a -6,50 m slm degradante verso fuori a oltre -7,00 m slm.

Motivo di rilievo è il fosso a -7,50 m slm alla base interna del riccio del molo Colombo. Qui probabilmente la correntometria provoca un processo di escavo.

Il settore più esterno infine è caratterizzato da un deposito di sedimenti contigui sia a ridosso del molo di sottoflutto che del molo di sopraflutto con un canale di navigabilità che, come detto, è stato formato in seguito ad un dragaggio eseguito nel 1987.

Tale circostanza è evidente alla luce del ridosso del molo di sopraflutto dove le isobate risalendo da -6,50 m slm a circa -3,50 m slm, formano un riempimento con un gradone ad inclinazione del 7% non naturale che indica l'intervento di escavo del canale di navigabilità del porto attuato in tempi antecedenti e che ha interessato anche l'interno a ridosso del molo di sottoflutto ad est, mentre all'esterno del molo di sottoflutto, tale inclinazione è più graduale e, probabilmente dovuta alla formazione calcarenitica che i dati di indagine indicano affiorante e ricoperta di uno spessore sottile di sedimenti fini recenti fino alla strada.

Nel riempimento a ridosso della diga di sopraflutto è da notare la presenza di due incisioni sul fondale. Il primo, più vicino alla radice del paraggio, che parte da una isobata a -3,00 m slm si estende su un pianoro a -4,00 m slm e poi si incanala verso l'isobata -6,50 m slm ed un secondo

ubicato a metà del paraggio, ben più marcato in cui da una isobata – 3,00 mt slm si arriva alla profondità di – 6,50 m slm.

Queste strutture sono dovute a due grosse fessurazioni passanti del paraggio con conseguente collegamento con il mare aperto che provoca una corrente che forma le due strutture descritte.

La dinamica correntometrica indica un flusso da nord ovest che probabilmente forma un vortice lento fra la diga di sopraflutto e la costa che favorisce una circolazione antioraria contro la diga di sopraflutto con uscita verso sud a ricongiungersi con il ramo di corrente principale.

Tale dinamica porta ad una deposizione di sedimenti da fini a finissimi sia dentro che ad est dopo l'imboccatura con conseguente tendenza alla deposizione del sedimento fine su tutta la darsena e soprattutto in corrispondenza del moletto che delimita la banchina curvilinea ai piedi della formazione calcarenitica fino sotto il molo di sottoflutto come indicato dalle isobate.

Lo spessore misurato nel corso dell'indagine è mediamente di circa 1,00 mt con variazioni a livello locale.

2.1. Ubicazione del sito di produzione del materiale da scavo

Il materiale che si prevede di riutilizzare proverrà dalle operazioni di dragaggio previste nel progetto definitivo del “Marina di Marsala e futuro PRP” da eseguire nella darsena del porto.

Si rimanda al capitolo sull'inquadramento territoriale (rif. Par. 1 del presente documento) per la ubicazione cartografica del sito mentre per la localizzazione delle aree di dragaggio elencate di seguito, vedasi la tavola DF S.05 “Planimetria dei dragaggi e computo dei volumi”.

In merito ai volumi e con riferimento alla tavola del dragaggio DF S.05 “Planimetria dei dragaggi e computo dei volumi”, i volumi previsti sono :

Dragaggi per operatività diga foranea

Settore	Profondità	mc
A.01.	-6	49.710
A.02.	-6	1.164
A.03.	-5	18.608
<u>A.04.</u>	<u>-4</u>	<u>6.358</u>
Totale		75.839

Per ciò che riguarda la litologia costituente i sedimenti da dragare e con riferimento alla tavola DF S.05, l'area che sarà interessata dalle operazioni è stata suddivisa, ai fini della caratterizzazione ambientale, in n° 8 settori (vedi tav. 1) che possono essere raggruppati in due

comprensori distinti su cui insiste una sola tipologia di sedimento formato da sabbia fine di natura carbonatica con una componente organica.

Al di sotto di tale sedimento di spessore che in alcune aree supera il metro, è presente il substrato di natura calcarenitica con una componente variabile di natura argillosa.

In particolare, con riferimento alla tavola DF S.05, alla tavola APR07 allegato 5 alla relazione AP R.06 e alla Relazione Generale RG R.01 § 7.2.2, sulla base delle caratteristiche ambientali misurate a seguito dell'esecuzione del piano di caratterizzazione di cui alla tav. 2 si ha :

1° Comprensorio : settore A 2.1.

2° Comprensorio : settore A 1.1., A 1.2., A 4.1., A 4.2, A 4.3, A 4.4, e A 3.1.

Il **1° Comprensorio** è costituito dal settore A 2.1. con le seguenti caratteristiche :

I valori dei parametri chimici rilevati sono inferiori al livello chimico di base (< LCB), mentre i parametri ecotossicologici posizionano la tossicità acuta del sedimento analizzato nella colonna A della tabella 2.4. del manuale APAT ICRAM esposta di seguito.

Tabella 2.4 – Requisiti ecotossicologici (tossicità acuta) del sedimento.

Specie-test	Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D
<i>Skeletonema costatum</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% ≤ EC50 ≤ 100%	EC50 < 40%
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Pheodactylum tricornutum</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Vibrio fischeri (elutriato)</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 ≥ 90%	20% ≤ EC50 < 90%	EC50 < 20%
<i>Vibrio fischeri (sedimento)</i>	S.T.I. ≤ 3	3 < S.T.I. ≤ 6	6 < S.T.I. ≤ 12	S.T.I. > 12
<i>Brachionus plicatilis</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Ampelisca diadema</i>	ΔMortal. ≤ 15%	15% < Δmortal. ≤ 30%	30% < Δmortal. ≤ 60%	Δmortal. > 60%
<i>Corophium orientale</i>	ΔMortal. ≤ 15%	15% < Δmortal. ≤ 30%	30% < Δmortal. ≤ 60%	Δmortal. > 60%
<i>Corophium insidiosum</i>	ΔMortal. ≤ 15%	15% < Δmortal. ≤ 30%	30% < Δmortal. ≤ 60%	Δmortal. > 60%
<i>Acartia tonsa</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Acartia clausi</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Tisbe battagliai</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Tigriopus fulvus</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Paracentrotus lividus</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Sphaerechinus granularis</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Dicetrarchus labrax</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Sparus aurata</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%

Sulla base della tabella 2.2. del Manuale APAT ICRAM esposta di seguito, si legge la seguente classificazione di qualità dei materiali da dragare:

Tabella 2.2– Classi di qualità del materiale caratterizzato e opzioni di gestione compatibili.

Classe	Opzioni di gestione
A1	Sabbie (pelite < 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Ripascimento di arenili (previa verifica compatibilità con il sito di destinazione); 2. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa; 3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale; 4. Riutilizzi a terra; 5. Bacini di contenimento; 6. Immersione in mare.
A2	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa (solo per il caso 2, Par. 2.3.2); 2. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale; 3. Riutilizzi a terra; 4. Bacini di contenimento; 5. Immersione in mare.
B1	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Riutilizzi a terra; 2. Bacini di contenimento che assicurino il trattenimento delle più piccole particelle di sedimento (incluso il riempimento di banchine)
B2	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Riutilizzi a terra; 2. Deposizione all'interno di bacini di contenimento con impermeabilizzazione laterale e del fondo. 3. Smaltimento presso discarica a terra.
C	Materiale da sottoporre a procedure di particolare cautela ambientale secondo la seguente priorità: 1. Rimozione in sicurezza e avvio di specifiche attività di trattamento e/o particolari interventi che limitino l'eventuale diffusione della contaminazione; 2. Rimozione in sicurezza e deposizione in bacini di contenimento con impermeabilizzazione laterale e del fondo. 3. Rimozione in sicurezza e smaltimento presso discarica a terra

Le caratteristiche ambientali misurate consentono di inserire il sedimento analizzato in categoria A1 con le gestioni compatibili descritte in tab. 2.2. e quindi di ricollocare i sedimenti secondo le seguenti priorità:

1. Ripascimento arenili
2. Ricostruzione strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino delle spiagge sommerse.
3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale
4. Riutilizzi a terra
5. Bacini di contenimento
6. Immersioni in mare.

Il **2° Comprensorio** è costituito dai settori A 1.1., A 1.2., A 4.1., A 4.2, A 4.3, A 4.4, e A 3.1. con le seguenti caratteristiche :

I valori dei parametri chimici rilevati risultano compresi fra il livello chimico di base (LCB) e il livello chimico limite (LCL) talché $LCB < chimica < LCL$

I parametri ecotossicologici posizionano la tossicità acuta del sedimento ancora nella colonna A (tab. 2.4 del Manuale APAT ICRAM di cui alla pagina precedente contenuto anche nel documento Relazione Generale RG R.01 § 7.2.2).

Tali caratteristiche consentono di inserire il sedimento in categoria A2 con le seguenti gestioni compatibili secondo priorità:

1. Ricostruzione strutture naturali in ambito marino costiero.

L'utilizzo dei sedimenti di dragaggio per la ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero, in questo caso, è consentito purché le deposizioni non siano finalizzate al ripristino di spiagge sommerse.

Questo in quanto, per le spiagge sommerse, invece, il principale livello di riferimento geochimico e ambientale non è più il Livello Chimico di Base (LCB) di cui in tabella 2.3A ma diventa il Livello Chimico Limite (LCL) di cui in tabella 2.3B (Vedi pag. 26 e segg. del Manuale APAT ICRAM).

2. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale.

3. Riutilizzi a terra.

4. Bacini di contenimento.

5. Immersioni in mare.

Quindi, i **codici CER** associati ai sedimenti di cui sopra sono :

17 05 Terra rocce e fanghi di dragaggio

Subcodice CER

170506 fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 17 05 05

Da quanto sopra, e sulla base delle caratteristiche geochimiche e ambientali riscontrate e la catalogazione di qualità dei sedimenti su esposta, come si evince dalla tavola DF S.05 - Planimetria di dragaggio e computo dei volumi si prevede che i materiali provenienti specificatamente dalle aree A03 e A04 rispettivamente pari a mc 18.608,00 e mc 6.358, 25 per un totale di 24.966,25 mc vengano destinati al riempimento dei cassoni di cui 2.320 mc andranno al molo di levante ed i rimanenti 26.102 mc nei cassoni della diga foranea.

I restanti mc 50.873,5 provenienti dal dragaggio delle aree A01 e A02 invece saranno stoccati nella colmata di C.da Casabianca previo trattamento di disidratazione.

Infine vanno computati anche i sedimenti provenienti dalle trivellazioni per la realizzazione dei pali in cemento armato su cui poggerà il megadock.

Trattasi di 260 pali di diametro pari a 1.000 mm e lunghezza di 16 mt per un totale di 3.265 mc che andranno stoccati anch'essi nella colmata di C.da Casabianca.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1. Contesto geologico - tettonica, geologia e stratigrafia

Lo schema la strutturale della Sicilia occidentale, (Relazione APR. 06 tav. 6) quasi interamente occupato dalla provincia trapanese, è costituito da terreni a costituzione prevalentemente calcarea, calcareo-dolomitica e calcareo -marnosa riferibili ad un periodo compreso tra il Trias superiore e l'Olocene.

Nel settore centro-settentrionale, che culmina a nord con le formazioni che danno forma al Capo S. Vito, si osserva un sistema a falde costituito da argille, marne ed arenarie, con inclusi elementi litoidi poligenetici riferibili ad un periodo compreso fra il Cretaceo ed il Miocene.

Nel settore compreso fra la zona di Trapani e nell'area meridionale sono presenti le formazioni post-tortoniane tipicamente evaporitiche che poi continuano nella limitrofa provincia agrigentina.

In ricoprimento sulle formazioni più antiche e che fanno da cerniera con i settori costieri e sottomarini sono presenti le formazioni quaternarie di piattaforma.

L'assetto tettonico dell'area è piuttosto semplice ed è il risultato finale di una evoluzione di un sistema di avanfossa che indica chiaramente la genesi dei sedimenti di tipo molassico presenti nell'area e mostra una sovrapposizione di unità tettoniche verso sud e sud-ovest delle Unità Carbonatiche Panormidi su quelle Trapanesi.

In ricoprimento, come detto, vi sono le litologie rigide dei sedimenti di piattaforma quaternaria su cui insiste il sito in studio.

Le successioni litostratigrafiche principali che concorrono allo schema descritto appartengono ai Domini Panormide e Trapanese.

Le successioni riconducibili al dominio Panormide riconoscibili in affioramento lungo l'asse di capo S. Vito sono rappresentate dal basso verso l'alto da doloareniti e doloruditi da bianche a giallastre talvolta vacuolari e farinose per fenomeni di alterazione con rare intercalazioni di calciruditi e calcareniti con resti di alghe e foraminiferi; sono riferibili al Trias superiore e lo spessore stimato è di 200 m.

Seguono le dolomie stromatolitiche e loferitiche ad intraclasti e bioclasti, calcareniti con uno spessori variabili da 300 ai 500 m di età compresa tra il Trias superiore ed il Lias.

Quindi si rinvencono calcari nodulari ad *Ammoniti*, calcareniti a *Crinoidi* passanti lateralmente e verticalmente a calcilutiti rossastre silicizzate ed argilliti silicee; sono riferibili al Dogger - Malm e lo spessore è compreso tra 5 e 40 m.

Al top della formazione si rinvencono calciruditi e brecce ad Ellipsactinie e calcilutiti a Calpionelle con spessore variabile dai 200 ai 300 m riferibili al Cretaceo inferiore - Titonico.

Seguono le marne biancastre, calcilutiti marnose a liste e noduli di selce con ricca fauna a Bellemniti, Ammoniti ed Aptici del Cretaceo medio e di spessore sino a 40 m.

In successione si rinvencono calcilutiti e calcareniti a peloidi ed intraclasti, biolititi algali, calcareniti oolitiche con intercalazioni di livelli di lave pillow lava a composizione basaltica con spessori tra 150 e 300 m di età Cretaceo medio-superiore.

In continuità si rinviene la formazione della "Scaglia auctona" rappresentata da calcilutiti marnose e marne a foraminiferi planctonici con spessori variabili tra 100 e 200 m ed età compresa tra il Cretaceo superiore e l'Eocene.

Seguono le biocalcareniti e biocalciruditi a luoghi glauconitiche a macroforaminiferi con spessore tra i 5 ed i 30 m del Miocene inferiore-medio.

La sequenza stratigrafica si chiude con un'alternanza di peliti predominanti e sabbie quarzose in strati decimetrici con microfauna a foraminiferi planctonici di spessore compreso tra 15 -200 m ed età Langhiano - Tortonian medio.

Le formazioni appartenenti al Dominio Trapanese raggiungono il loro assetto attuale nel Miocene e provengono dai domini paleogeografici dei settori più settentrionali.

sono osservabili nel settore compreso fra Monte Inici, Monte Bonifato – Contrada Calatubo e Ramalloro.

La Formazione Fanusi è costituita dalle dolomie stromatolitiche, loferitiche, calcareniti oolitiche, brecce loferitiche di spessore variabile dai 50 ai 400 m ed età riferibile al Trias superiore - Lias.

In sequenza insistono i calcari nodulari ad *Ammonites*, calcareniti a Crinoidi e calcilutiti a Brachiopodi del Lias superiore - Malm di spessore variabile tra i 10 ed i 40 m.

Seguono i calcari a "lattimusa" costituita da calcilutiti e calcisiltiti bianche con liste e noduli di selce, Radiolari e Calpionelle con spessore variabile tra 10 e 140 m riferibili al Titonico - Cretaceo inferiore.

Seguono le marne, marne argillose e calcilutiti marnose di spessore compreso tra 20 e 40 m, ed età medio Cretacea.

Segue la "Scaglia auctona" costituita da calcilutiti, calcisiltiti marnose e marne a Radiolari e Foraminiferi di spessore compreso tra 20 e 180 m e l'età Cretaceo superiore - Eocene.

In posizione stratigraficamente superiore si osservano biocalcareniti, biocalciruditi marnose a macroforaminiferi con spessore variabile da 10 a 70 m di età compresa tra l'Eocene superiore e l'Oligocene cui seguono i terreni della Formazione delle "Marne di San Cipirello" rappresentata da

argille e marne sabbiose a Foraminiferi planctonici di spessore compreso tra 50 e 150 m e di età Serravalliano-Tortoniano medio.

I depositi neogenici interessano essenzialmente il settore settentrionale e centrale della Sicilia occidentale e sono rappresentati dai terreni della Formazione Cozzo Terravecchia costituiti da peliti, sabbie e conglomerati, da calcari e calcareniti organogene con intercalazione di argille grigie fossilifere della Formazione calcareo - arenacea di Baucina del Messiniano inferiore; da biolititi a coralli di età Messiniano; dai gessi macrocristallini, gessareniti ed argille gessose databili Messiniano; dai calcari a "congerie" del Messiniano superiore; dai calcari marnosi e marne a Globigerine conosciute come "Trubi" del Pliocene inferiore ed infine dai depositi terrigeni pelitico - arenacei e calcarenitici appartenenti alla Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice del Pliocene medio - superiore.

Fra i terreni tardorogeni si annoverano i depositi di genesi marina del Pleistocene inferiore rappresentati da biocalcareni e biocalciruditi con granuli quarzosi, e intercalazioni di argille siltose presenti diffusamente lungo la costa settentrionale e, soprattutto, meridionale della provincia e specificatamente sul sito in studio, passanti superiormente a marne siltose e sabbie quarzose del Pleistocene medio.

Lungo la fascia costiera nel settore meridionale si possono osservare estesi depositi di sedimenti di mare basso e di piattaforma con le calcareniti giallastre, a vario grado di cementazione con lenti sabbiose e argillose dell'Emiliano superiore – Siciliano conosciute come "Calcareniti di Marsala".

Gli affioramenti calcarenitici terrazzati del Pleistocene medio appartenenti al "Grande Terrazzo Superiore" (G.T.S.) del Tirreniano, come già esposto al paragrafo precedente, sono da mettere in relazione con le oscillazioni eustatiche e con i movimenti tettonici.

Infine, in quasi tutto il settore costiero si osserva la presenza, di affioramenti più o meno estesi, di depositi di genesi continentale costituiti da conglomerati fluviali, depositi palustri, sabbie quarzose eoliche, paleosuoli, alluvioni antiche terrazzate e non e recenti, depositi di spiaggia e detriti di falda. Nella Relazione APR. 06 tav. 7 e tav. 8 sono esposti gli stralci geologici dell'area su grande scala e dell'area portuale in piccola scala.

Specificatamente dal punto di vista geologico il litotipo più esteso su cui ricade il comprensorio portuale può essere considerato appartenente alla formazione della "Calcarenite di Marsala" s.l. costituita essenzialmente da una sequenza di unità cicliche sedimentarie di età quaternaria in trasgressione sulla formazione marnoso - arenacea ("trubi") della valle del Belice affiorante più a nord est ma comunque fuori dal nostro contesto.

Possono essere individuate in tale contesto quattro diverse unità costituenti dei cicli sedimentari caratterizzate da successioni con caratteri di piattaforma carbonatica arenacea a giacitura sub orizzontale e stratificazione incrociata datati dall'Emiliano - Siciliano fino al tirreniano. Lo spessore totale di tutto il complesso è valutabile fra i 30 m e i 70 m.

E' da segnalare inoltre, come già descritto, la presenza di sedimenti palustri costituiti da limi neri e argille scure a contenuto sabbioso generati dalla evoluzione di ambienti lagunari, localizzati nel settore più settentrionale della darsena portuale e che, come da piani di indagine eseguiti in precedenza, interessano un settore specifico dell'area in studio compreso fra la radice del molo Colombo, la via colonnello Maltese ed il lungomare Mediterraneo.

Alla luce dei risultati emersi dall'esecuzione del Piano di indagine, il dragaggio eseguito nel 2003, è stato condotto on seno alla formazione dei sedimenti limo sabbiosi di colore scuro costituenti i limi palustri.

Stratigraficamente dal basso verso l'alto la formazione calcarenitica quaternaria è costituita, nei settori interni, da terre rosse coperturali di genesi continentale ed a carattere argilloso di spessore massimo di un metro poggianti sulle calcareniti tenere giallastre, colore tipico di alterazione, con orizzonti lenticolari sabbioso - argillosi attribuibili all'Emiliano – Siciliano.

Tale componente di terre rosse è raramente presente nei settori costieri e mai negli affioramenti subacquei.

A quote topografiche inferiori fino al livello del mare come anche sul fondale si rinviene l'ultimo e più basso ciclo sedimentario calcarenitico con superfici riconducibili a due principali ordini di terrazzamento marino costituiti da calcareniti di colore variabile dal giallo a terra di Siena e spessori decimetrici di età tirreniana.

Al di sopra si rinviene il Grande Terrazzo superiore (GTS) s.s. costituito da calcareniti organizzate in depositi terrazzati di spessori relativamente esigui che verso l'alto si evolvono a conglomerati poligenici anch'essi di scarsa potenza.

Fra le quote 50 m slm e 100 m slm infine si rinviene un altro ciclo calcarenitico molto esteso anche se non potente di calcareniti giallastre a vario grado di cementazione di età pre - tirreniana.

Infine, in merito alla stratigrafia del sito il rilevamento di sedimenti sciolti e la circostanza che gli spessori di questa tipologia di calcarenite sono piuttosto ridotti, inducono ad ipotizzare la presenza di terreni derivanti dai depositi di terrazzamenti alluvionali e/o palustri più o meno sabbiosi presenti lungo tutta la costa interessata dal corpo carbonatico calcarenitico.

Tale deduzione scaturisce anche dalla notevole distanza in cui affiorano a monte i depositi terrigeni pelitico arenacei e arenacei del pliocene superiore che rende poco probabile la loro presenza così vicino al mare in questa zona.

Le calcareniti biancastre presentano una granulometria omogenea, e sono costituite da un'alta percentuale di materiale organogeno carbonatico immerso in una matrice anch'essa carbonatica.

La stratificazione, in alcune zone è rappresentata sia da strati di spessore centimetrico sia da un'alternanza di strati cementati e sabbie sciolte ambedue di spessore variabile.

Una analisi microscopica mette in evidenza il carattere detritico organogeno litologicamente molto variabile degli elementi che compongono il sedimento.

In quest'area, le calcareniti presentano caratteristiche peculiari differenti da quelle insistenti in altre aree costiere siciliane.

La granulometria risulta piuttosto uniforme e costituita da tritume organogeno di genesi carbonatica immerso in una matrice carbonatica di genesi secondaria.

La giacitura degli strati in linea di massima è suborizzontale, tranne che in alcune zone del GTS (vedi Relazione APR. 06) dove questi hanno una inclinazione di 20° al massimo.

Talvolta, soprattutto nella zona nord dell'abitato, alternate a queste calcareniti, si rinvencono lenti argillo-sabbiose e argillo-siltose dei terrazzi alluvionali e depositi palustri.

Il grado di cementazione è variabile, generalmente la roccia si presenta formata da nuclei e blocchi di varia grandezza immersi in sabbie a diverso grado di cementazione molto variabile spazialmente.

In età post - pleistocenica inferiore si individuano due cicli successivi di sedimentazione marina, con depositi calcarenitici organogeni grossolani riscontrabili soprattutto nelle aree costiere con spessori limitati entro 10 mt.

Dal punto di vista petrografico i dati analitici indicano che i campioni attribuibili al GTS rientrano nel gruppo delle *Grainstone* a composizione eterogranulare e polidimensionale di colore variabile dal bruno al rosso giallastro a causa dello stato di ossidazione di Ferro e Manganese presente in tale tipologia di calcarenite.

I granuli sono organizzati in contatto fra loro e gli interspazi sono riempiti da cemento calcitico di formazione secondaria che ne riduce la porosità primaria.

I componenti sono di origine bioclastica ed in subordine da intraclasti per lo più micritici e granuli di quarzo di dimensioni micrometriche ($\approx 100 \mu$) a basso grado di usura.

Il campioni provenienti dall'area portuale invece dovrebbero rientrare nel gruppo delle *Packestone* anch'esse a composizione eterogranulare e polidimensionale di colore variabile dal

giallo al rosso a causa dello stato di ossidazione del Ferro e Manganese ma con spazi intergranulari riempiti di matrice micritica che in alcuni casi è stata allontanata da fenomeni di dissoluzione secondaria e/o ricristallizzazione che hanno comportato la formazione di pori riempiti in tutto o in parte da cemento calcitico e che conferiscono alla roccia un carattere apparentemente più vicino alla tipologia precedente delle *Grainstone*. Per tale motivo la porosità residuale è molto bassa.

La differenziazione è evidente all'analisi microscopica dei granuli di quarzo che si presentano sia mono - che poli-cristallini con dimensioni superiori ai 100 μ fino a 168 μ .

3.2. Descrizione del contesto idrogeologico della zona

La zona appartiene al comparto idrografico di Palermo - versante meridionale - bacino di Marsala - Mazara del Vallo limitata ad est dalla Fiumara di Mazarò, che è la più rilevante nell'area e a nord dalla Fiumara di Marsala (Sossio).

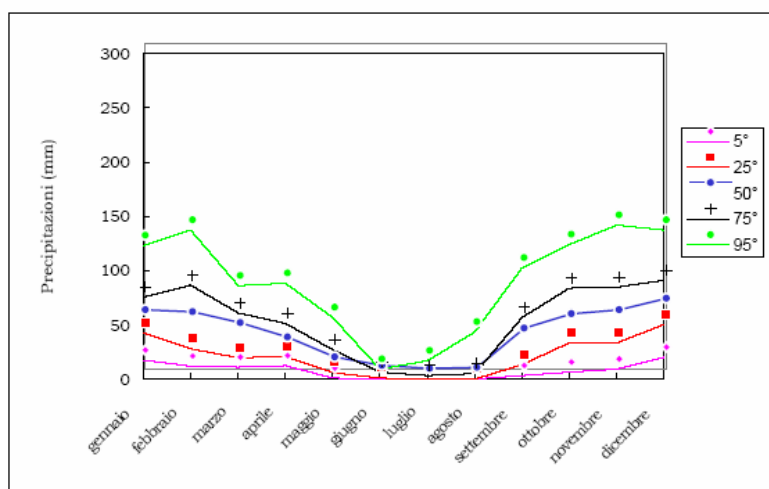
La caratteristica idrologica più rilevante è costituita, escludendo le incisioni torrentizie della Fiumara di Mazarò e della Fiumara di Marsala o Sossio, dalla assenza generalizzata di idrografia superficiale a causa dell'alta permeabilità dei litotipi presenti nella pianura calcarenitica di Marsala.

In alcuni settori della fascia costiera sono presenti zone umide, dette “margi”, dovute all'affioramento della superficie piezometrica.

La fiumara Mazarò, il cui bacino si estende per 125,5 kmq, trae origine dal M.te Polizzo in comune di Salemi con un'asta totale di 32 km. Il corso d'acqua ha solo un affluente, il torrente Bucari, in sinistra idrografica dell'asta principale.

Il bacino imbrifero, compreso fra il bacino del Fiume Delia, del Fiume Birgi e del Fiume Freddo a nord, si estende fra un'altitudine minima 0,00 m slm ed una massima di 713 m slm con una altitudine media di bacino calcolata pari a 176 m slm.

Per ciò che riguarda il regime pluviometrico e l'infiltrazione meteorica, (vedi allegato 1) sono stati utilizzati i dati della capannina meteorologica di Marsala, gestita dal Servizio Tecnico Idrografico della Regione Siciliana, che è quella che ha fornito i dati più rappresentativi per illustrare il regime climatico della Piana di Marsala-Mazara del Vallo. Grazie a questa stazione, è stato possibile trattare statisticamente una serie completa di dati trentennali che hanno consentito di delineare le caratteristiche climatiche dell'area.

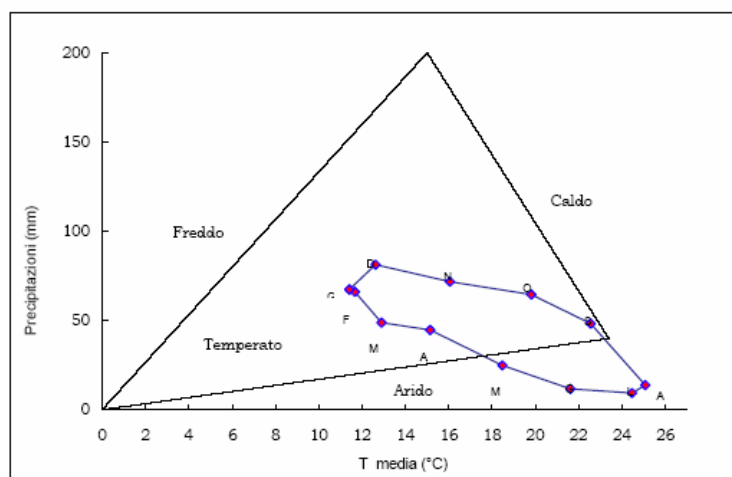


Andamento delle precipitazioni meteoriche per la stazione di Marsala

Il climogramma di Peguy riassume sinteticamente le condizioni climatiche dell'area Marsalese. Sono costruiti a partire dai dati medi mensili di temperatura media e precipitazioni cumulate. Sulle ascisse è riportata la scala delle temperature ($^{\circ}\text{C}$), mentre sulle ordinate quella delle precipitazioni (mm). Unendo i punti relativi a ciascun mese, si ottiene un'area, la cui forma e dimensione rappresentano bene le caratteristiche climatiche di ciascuna stazione. Sul climogramma è anche riportata un'area triangolare di riferimento che, secondo Peguy, distingue una situazione di clima temperato (all'interno dell'area stessa), freddo, arido, caldo (all'esterno del triangolo, ad iniziare dalla parte in alto a sinistra del grafico, in senso antiorario). Il triangolo è costruito sulla base delle seguenti coordinate dei vertici: (0°C , 0 mm); ($23,4^{\circ}\text{C}$, 40 mm); (15°C , 200 mm). La posizione dell'area poligonale, rispetto a quella triangolare di riferimento fornisce una rappresentazione immediata delle condizioni climatiche della stazione.

Marsala m 12 s.l.m.

<i>mese</i>	<i>T max</i>	<i>T min</i>	<i>T med</i>	<i>P</i>
gennaio	15,0	7,7	11,3	61
febbraio	15,3	7,9	11,6	60
marzo	16,8	8,9	12,8	43
aprile	19,1	11,0	15,1	39
maggio	22,9	13,9	18,4	19
giugno	26,3	16,8	21,6	6
luglio	29,3	19,5	24,4	3
agosto	29,9	20,1	25,0	8
settembre	26,7	18,2	22,5	42
ottobre	24,0	15,5	19,7	58
novembre	19,9	12,0	16,0	66
dicembre	16,2	8,8	12,5	75



Andamento delle temperature e climogramma per la stazione di Marsala

Dall'esame del climogramma riferito alla stazione di Marsala si osserva che il clima è temperato fra settembre e aprile, e che il clima è arido da aprile a settembre.

La precipitazione media annua per la serie temporale 1965-1994 è pari a circa 480 mm/a.

La ripartizione dell'uso delle superfici vede un utilizzo del 57% per seminativo, 26 % di colture arboree e 16 % di prato e pascolo.

Per ciò che riguarda l'aspetto idrogeologico, data la sua costituzione geologica, il complesso normalmente è sede di acquiferi talora estesi soprattutto in corrispondenza delle porzioni a carattere maggiormente arenitico presentando una permeabilità per porosità generalmente nelle porzioni sciolte o alterate, e per fessurazione, nelle porzioni più compatte e/o lapidee, di medio grado.

L'acquifero presenta anche falde sovrapposte ed è caratterizzato dalla presenza di diversi livelli idrici comunicanti.

Infatti i dati e le ricostruzioni e correlazioni delle stratigrafie di pozzi rilevati nella zona più a ridosso della costa indicano che, tanto la Calcarenite di Marsala quanto i depositi terrazzati tirreniani, presentano intercalazioni di orizzonti calcarenitici a differenti permeabilità e livelli argilloso-siltosi poco o scarsamente permeabili che sono responsabili della presenza dei diversi livelli idrici.

Da studi condotti dallo scrivente in altre occasioni e secondo alcuni dati bibliografici è possibile distinguere due falde idriche principali:

- una profonda in seno alla Calcarenite di Marsala parzialmente confinata da livelli discontinui poco permeabili.
- una più superficiale e libera, in seno ai depositi terrazzati tirreniani, alimentata dalle precipitazioni efficaci e in condizioni idrodinamiche di interscambio idrico con la falda profonda in funzione delle rispettive altezze piezometriche.

Nel caso in studio infine, bisogna prendere in considerazione i rapporti fra l'acquifero costiero ed il mare.

Nei casi di contatto con le acque del mare, si assiste al fenomeno dell'intrusione dell'acqua marina in seno al corpo serbatoio.

La superficie di separazione tra i due liquidi, di diversa densità, detta "interfaccia", è in effetti una zona di miscelazione fra acqua dolce e acqua marina.

L'acqua dolce meno densa galleggia sul l'acqua marina più densa a causa del suo contenuto in sali, con una superficie di interfaccia concava verso l'alto e spesso delimitata inferiormente dall'acquifero.

Il fattore che condiziona la morfologia di questa superficie è rappresentato dal volume di acqua dolce che l'acquifero scarica in mare; maggiore è tale apporto, minore è l'avanzamento delle acque marine verso l'entroterra anche per ragioni di pressione.

I rapporti tra acqua dolce ed acqua marina rappresentano, quindi, un equilibrio naturale che può essere facilmente alterato nel caso di diminuzione delle acque di infiltrazione o di sovrasfruttamento della falda idrica nelle aree a monte.

Nel presente caso, a causa dell'elevato sfruttamento delle risorse il volume idrico di afflusso verso la linea di costa è ridotto, con la conseguente progressione verso l'entroterra delle acque del mare e quindi si ha intrusione o ingressione marina e conseguente e progressiva salinizzazione della falda.

Quindi si deduce che, la causa principale dell'insalinamento per intrusione marina è da attribuire allo sfruttamento delle acque sotterranee ed in particolare al fatto che i prelievi superano la ricarica idrica annuale.

L'ingressione marina, viene evidenziata dagli elevati valori di conducibilità e di concentrazione di cloruri delle acque di alcuni pozzi costieri e dalla bassissima resistività dei terreni nel sottosuolo soprattutto della zona più prossima alla linea di costa.

Per ciò che riguarda le caratteristiche ideologiche dei litotipi, la porosità primaria si mantiene generalmente medio - alta cui corrisponde una porosità secondaria bassa in seno alle panchine calcarenitiche.

In relazione a tali caratteristiche il bacino presenta un pattern di drenaggio tipicamente convergente a monte, in accordo con le litologie impermeabili insistenti, mentre, verso valle, tende a diventare leggermente meandriforme inserendo il suo corso d'acqua su linee di debolezza meccanica o tettonica in accordo con il litotipo in cui scorre.

In merito ai parametri idrodinamici, si possono assegnare al litotipo calcarenitico di questa zona i seguenti valori medi rimandando all'allegato 3 per i dettagli :

	Minimo	Medio	Massimo
Trasmissività (T):	$1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$7,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Permeabilità (K) :	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	$9,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	$1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Va precisato che per trasmissività si intende la conducibilità idraulica in funzione della falda, mentre per permeabilità si intende la conducibilità idraulica.

3.3. Caratterizzazione meccanica dei terreni

La definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni di sedime misurate in laboratorio, non può prescindere dall'esame e dalla correlazione con le stratigrafie ricavate dai sondaggi meccanici e con i risultati delle prove SPT eseguite in foro (allegato 3 del progetto definitivo).

L'analisi delle stratigrafie ricavate dai carotaggi indicano innanzitutto quasi ovunque, la presenza di una copertura limosa o limo sabbiosa riferibile ai limi palustri di cui ai §§ precedenti.

Gli spessori di questa copertura sono variabili ma generalmente oscillano nel settore costiero con valori i circa 2,00 metri. Gli spessori maggiori sono stati misurati nel settore intermedio dell'area portuale compreso fra i sondaggi SM7 e SM4. Uscendo verso ovest, tale coltre sembra assottigliarsi con spessori di circa un metro.

Solo nel settore del molo di levante, in corrispondenza del sondaggio SM3, tale coltre non è presente, ma comunque andando verso la riva, è ancora presente con spessori di circa 1,50 metri.

La formazione in posto di natura calcarenitica si presenta, nella sua porzione più superficiale, mista a limo e sabbia. Scendendo in profondità, si presenta ovunque con caratteristiche nodulari ma con frequenti livelli sabbiosi o limo sabbiosi.

Solo nei carotaggi SM2, SM3 e SM5 è presente a profondità variabile fra -7 e -16 mt , un livello di calcarenite compatta.

Per ciò che riguarda le caratteristiche meccaniche su tutti i fori è stato possibile determinare le caratteristiche di resistenza con prove *in situ*.

I risultati esposti in allegato, hanno evidenziato per i sondaggi SM2, SM3, SM5 e SM6 caratteristiche idonee all'edificazione con l'inserimento del terreno di sedime in classe sismica B anche se però i terreni su cui impostare le opere edili devono essere quelli in posto costituiti dalla formazione calcarenitica.

Per i carotaggi SM1, SM4 ed SM7 invece le misurazioni hanno dato valori scadenti. In particolare l'SM1, ha fornito valori scadenti ma con un progressivo miglioramento all'aumento della profondità.

Tale circostanza, unitamente alla valutazione della colonna stratigrafica ha indotto lo scrivente ad inserire tali terreni di sedime in classe sismica C.

Per ciò che riguarda invece il sondaggio SM4, i valori scadenti misurati con la prova SPT, vengono spiegati in quanto probabilmente è stato intercettato un livello di sabbia sciolta e limo in seno alla formazione di calcarenite nodulare.

In tale senso l'esame della colonna stratigrafica ha fornito una correlazione esauriente tale da consentire l'inserimento dei terreni in classe sismica B.

Infine il sondaggio SM7, in corrispondenza del previsto megadock, ha fornito anch'esso valori scadenti di resistenza. Anche qui la spiegazione è attribuibile a livelli sabbiosi misti a limi ma localizzati in profondità. L'attribuzione dei terreni alla classe sismica B è condizionata al raggiungimento dello strato in posto di calcarenite nodulare.

Meccanicamente le calcareniti bioclastiche a costituzione granulare di tipo carbonatico, sono composte da clasti carbonatici grigi e clasti di origine organogena di dimensioni variabili, immersi in una matrice carbonatica biancastra, ed alterata in superficie, cementata, in taluni casi, da calcite spatica secondaria.

Tale cementazione non è uniforme e può passare da livelli a consistenza litoide a livelli a consistenza sabbiosa determinando così variazioni volumetriche nel comportamento meccanico sotto carico.

I terreni di sedime calcarenitici in generale, se non sono frammisti a frazioni a granulometria fine,



Sondaggio meccanico a c.c. sul punto SM5

possono considerarsi scarsamente compressibili per lo più in relazione alla loro parte alterata, per cui sotto carico, raggiungono rapidamente l'equilibrio, con minime deformazioni.

Sulla base delle analisi eseguite dal laboratorio di geotecnica e dei dati SPT già esposti, è stato possibile delineare con precisione le caratteristiche meccaniche dei terreni che riceveranno le opere di fondazione per i quali è previsto il dragaggio.

Nella Relazione geotecnica APR08 § 2.7 prove di laboratorio sono esposti i dati, la cui analisi eseguita a Palermo dal Laboratorio Ufficiale Con.Geo srl dell'ing. Pagano, evidenzia innanzitutto una maggiore coesione con l'aumento di profondità nella calcarenite.

I dati di coesione in tutti i sondaggi sono largamente sufficienti tranne che in SM2 a -5,50 m dal p.c. dove la consistenza dei limi sabbiosi è minore ($c=0,02$ t/mq).

Tale dato è un riferimento sulla tipologia di terreno che costituisce la maggior parte di sedimento che verrà dragato dal fondale.

Anche il valore del peso specifico è basso ($\gamma = 1,16$ t/mc) contrariamente che negli altri casi in cui si mantiene sopra le 2 t/mc. Solo il sondaggio SM7 presenta un dato anomalo pari a 1,77 t/mc che, correlandolo con i dati SPT, induce a ritenere il terreno su cui è stata eseguita la

prova, appartenente ad un livello di sabbia sciolta. Ed in effetti le stratigrafie hanno evidenziato che tutta la formazione calcarenitica è interessata da diversi livelli a carattere sabbioso o limo sabbioso.

Altro dato che spicca è il contenuto naturale d'acqua in profondità nel sondaggio SM7 pari a W 33,92 % più elevato rispetto agli altri più superficiali eccetto il valore del SM 2 però superficiale che è dovuto ad un forte fenomeno di ingressione di acqua marina già trattato nel paragrafo inerente l'idrogeologia.

Per ciò che riguarda la portanza dei terreni, le prove SPT evidenziano un aumento con la profondità; la spiegazione di tale aumento risiede nel fatto che a maggiore profondità corrisponde un maggiore costipamento del terreno.

In particolare nei terreni più superficiali sono stati misurati valori minori analoghi sui settori a terra mentre a mare, per avere valori sufficienti bisogna scendere sulla calcarenite.

I valori misurati coincidono approssimativamente con il carico di rottura peraltro già riportato nella relazione preliminare ($\sigma_{lim} = 86,706 \text{ kg/cm}^2$). Anche gli angoli di attrito interni sono elevati ed in accordo con i litotipi descritti eccetto che nell'SM2.

Tale dato inferiore alla media è da mettere in relazione con il forte contenuto naturale d'acqua.

In merito ad eventuali rinvenimenti di livelli sabbiosi sciolti generalmente limitati localmente, le prove SPT hanno fornito valori riportati in allegato 3.

In merito infine ai termini limo sabbiosi rilevati diffusamente nell'area in studio appartenenti ai depositi alluvionali ed ai limi palustri, sono costituiti prevalentemente da uno strato di spessore variabile costituito da limo sabbioso e argilloso misto a sostanze organiche e materiale detritico eterogeneo.

Si presentano di colore scuro in corrispondenza delle porzioni a contenuto sabbioso più consistente, cambiando il colore fino a marrone chiaro in corrispondenza delle porzioni a contenuto maggiormente argilloso.

3.4. Caratterizzazione sedimentologica

I campioni sono stati prelevati nei fori di sondaggio già descritti e ubicati mediante DGPS e catalogati ai fini dell'analisi granulometrica. I calcoli e i parametri statistici e i grafici sono esposti all'allegato 6 del progetto definitivo.

Per la caratterizzazione superficiale è stato anche elaborato un campione prelevato in precedenza dallo scrivente ritenuto utile sia per la definizione del regime attuale che per un confronto con i dati pertinenti un periodo di prelievo precedente rispetto all'attuale.

In merito al trattamento, è stato effettuato a Palermo dal Laboratorio Ufficiale Con.Geo srl dell'ing. Pagano e si è svolto in tre fasi :

1-Preparazione e pretrattamento con acqua distillata per la riomozione dei sali.

2-Separazione frazione sabbiosa da frazione siltosa mediante via umida e per aerometria per le frazioni più fini.

3-Analisi della frazione secca pila di setacci con maglia in $\phi = -\log_2 D_{mm}$. In allegato sono riportati i certificati in originale e copia.

In merito ai parametri statistici ricavati dalla elaborazione delle granulometrie si ha :

QD ϕ deviazione interquartile come misura della dispersione

S_0 in mm coefficiente di cernita di TRASK da confrontare con il coefficiente di cernita $\sigma\phi$.

Media $M\phi$ che rappresenta la media delle dimensioni le classi granulometriche.

Mediana D_{50} dimensione dei granuli in mm al centro della distribuzione.

Moda che rappresenta il diametro più frequente delle particelle

Cernita $\sigma\phi$ inteso come la diffusione della distribuzione granulometrica intorno alla media indicazione del grado di elaborazione del sedimento ed indice della capacità di selezione del mezzo di trasporto nell'ambiente. Esprime anche la forza della selezione correntometrica.

Asimmetria $SK\phi$ che indica l'omogeneità della popolazione granulometrica e cioè la sua distribuzione rispetto al baricentro della curva di distribuzione.

Kurtosi K_G che misura l'appuntimento della curva di frequenza e confronta il rapporto tra la dispersione nella parte centrale e la dispersione nei settori periferici della curva. In tabella 1 sono esposti i risultati.

La caratterizzazione del sito è stata eseguita seguendo due direttrici. La prima utilizzando un campione superficiale prelevato nel precedente dragaggio, su cui venne eseguita una analisi granulometrica. In quell'occasione non vennero eseguite valutazioni di tipo sedimentologico.

La seconda direttrice analizza i sedimenti dei campioni prelevati nel corso del presente piano di indagine traendo tutte quelle considerazioni che poi hanno condotto a delineare sia l'attuale regime sedimentologico che la storia evolutiva sedimentologica della zona.

Il campione superficiale (Vedi Relazione AP R06 § 10) prelevato nel punto di coordinate UTM 33 S 274330 4185470 è ubicato molto vicino al sondaggio SM7, si presenta costituito in parte maggioritaria da silt con un indice di classazione elevatissimo.

L'asimmetria $S_{k\phi}$ indica la presenza di una coda di materiali grossolani che, in considerazione delle classi granulometriche molto esili, si configura come una sabbia a media granulometria mentre l'appuntimento K_G indica il confronto fra cernita ed estremi di distribuzione che è vicino all'unità.

La mediana è pari a $M_{50} = 0,23$ mm confermando il carattere sottile dei sedimenti, ed è un parametro fondamentale ai fini della determinazione di trasporto solido.

Complessivamente la curva cumulativa di frequenza indica la presenza di una dinamica correntometrica che deposita inizialmente sabbia e, al decrescere della velocità deposita silt e argilla.

In merito ai campioni prelevati nei fori di sondaggi, bisogna premettere che le componenti granulometriche sono più ampie in quanto risentono del fattore di ricoprimento e della tipologia di analisi che ha interessato anche le componenti più sottili.

Il campione SM2C1 prelevato a circa -5.50 m dal p.c. sul molo Colombo, e quindi superficiale, è definibile come una silt sabbioso a componente minoritaria argillosa e presenta una curva granulometrica piuttosto composita con le due classi siltosa e sabbiosa maggioritarie e un grafico cumulativo di frequenza una asportazione delle frazioni più fini per ripulimento da un sedimento originario composto da silt e sabbia. La mediana è bassa $M_{50} = 0,03$.

Il campione SM2C2, prelevato a circa -12.00 m dal p.c. sullo stesso foro, invece si presenta come una sabbia siltosa a composizione minoritaria ghiaioso argillosa.

La curva cumulativa di frequenza è bimodale e mostra uno spostamento del grafico verso granulometrie più grossolane indicando ancora un allontanamento delle frazioni più fini per ripulimento da un sedimento originario composto da silt e sabbia probabilmente in un sistema a maggiore energia.

I campioni SM3C1 ed SM4C1 prelevati sul foro SM3 a circa -10 mt e -15 mt di profondità dal piano fondale sul foro SM4, si presentano anch'essi come una sabbia siltosa a composizione minoritaria ghiaioso argillosa.

E' da notare che il foro SM3 è in linea con il foro SM2 e quindi è ipotizzabile una sedimentologia analoga fra i due campioni, mentre sul foro SM4 la sedimentologia si sposta verso termini minori.

Ed infatti la curva cumulativa di frequenza presenta le stesse caratteristiche indicando anche qui un aumento di energia del sistema.

Anche il campione SM5C1 presenta la stessa composizione del precedente campione ma stavolta la curva è unimodale presentando un range granulometrico meno differenziato.

In ogni caso le caratteristiche dinamiche del sistema di costituzione rimangono analoghe ai due campioni precedenti .

Infine sul campione prelevato sul foro SM7 la granulometria si sposta su sedimenti molto fini. Infatti è definibile come una sabbia siltosa a componente argillosa. La mdiana è molto fine $M_{50} = 0,05$ riflettendo anche la profondità a cui è stato prelevato il campione.

La curva cumulativa di frequenza indica una mescolanza dei componenti sedimentologici fini formatasi in un sistema ad energia elevata.

Con riferimento al grafico di comparazione granulometrica, il dato più rilevante è dato dalla diminuzione della componente limosa con la profondità cui corrisponde un aumento della componente sedimentologica a carattere sabbioso soprattutto nel settore di imposta della futura diga di sottoflutto dove è stata localizzata la calcarenite affiorante.

Il tenore di argilla è costante su tutti i campioni mentre nel SM4 si osserva un aumento della componente ghiaiosa anche se fine, tipo ghiaietto, dovuta alla tipologia di calcarenite nodulare presente e sottostante i limi sabbiosi.

La mediana subisce una riduzione con la profondità anche se nel SM7, ad una profondità di - 34,0 mt dal piano di fondale, presenta valori pari a quelli del campione più superficiale del sondaggio SM 2. Questo potrebbe essere in relazione allo scarso grado di costipazione del sedimento dovuto probabilmente al fatto che il campione è stato prelevato in un livello sabbioso che interessa la formazione in posto. In ogni caso comunque i valori di mediana sono generalmente bassi dove vi è presenza di limi in misura maggiore e cioè in SM 1 e SM 7 mentre nei settori dove la calcarenite è affiorante la mediana si riduce drasticamente verso materiali più grossolani.

Contestualmente questo campione presenta valori elevati di cernita che comunque su tutti i campioni indica sedimenti non classati indipendentemente dalla profondità.

Nei campioni più superficiali, l'asimmetria, pur essendo negativa, presenta valori in qualche caso vicini allo zero ma tutti con code di materiali grossolani.

Quanto esposto, delinea i caratteri sedimentologici in cui si sono formati i campioni esaminati.

Da quanto esposto si evince una evoluzione cronologica del sistema abbastanza semplice, in cui si ipotizza la presenza iniziale di un sistema dinamico attivo con una agitazione che manteneva *in situ* una frazione grossolana di tipo sabbioso allontanando i materiali più fini.

Successivamente tale sistema diventa dinamicamente meno attivo con deposizione di frazioni sedimentologiche più fini e correntometria meno incidente.

3.5. Caratterizzazione sismica

Sulla base della prospezione sismica eseguita di cui ai paragrafi precedenti esposta in Relazione AP R06 § 9 è stato possibile delineare le caratteristiche dell'area e il suo inquadramento ai sensi della normativa tecnica attuale.

La provincia di Trapani, così come tutta la Sicilia, è stata interessata in passato da diversi eventi sismici di intensità variabile.

Storicamente, la prima segnalazione con descrizione di un evento sismico nella zona risale al 1740 quando una scossa fu avvertita a Salemi. Successivamente, il 19 maggio del 1861 furono avvertiti alcuni movimenti tellurici a Salemi, Calatafimi, Vita e Gibellina.

In tempi recenti, il primo evento sismico documentato si verifica il 20 novembre 1954 con scosse di IV grado della Scala Mercalli ad Alcamo e Poggioreale, di III grado a Gibellina, e di II grado a Calatafimi e S. Ninfa. Nel 1957 un terremoto di III grado colpisce Salaparuta.

Il principale evento sismico di Magnitudo 6.5 (scala Richter) pari al X grado della scala Mercalli, si è verificato il 15 Gennaio 1968 e ha interessato tutta la valle del Belice ed in particolare gli abitati di Gibellina, Salaparuta e Poggioreale. A Salemi, a Partanna ed a Vita l'intensità delle scosse raggiunse il IX grado della scala Mercalli; a Campobello di Mazara l'VIII grado, mentre ad Alcamo e Castelvetro raggiunse il VII grado della scala Mercalli.

L'ultimo evento di rilievo si è verificato in giugno del 1981 con scosse sismiche avvertite nei territori di Mazara del Vallo, Petrosino e Marsala.

Generalmente, i terremoti italiani, almeno quelli ubicati sopra la crosta, sono caratterizzati da profondità molto modeste, per la maggior parte contenute entro i 20 Km, e certamente originati entro la crosta terrestre. Ritenendo valida l'accezione, ormai accertata, che la crosta si assottiglia notevolmente verso il bacino meridionale del Mediterraneo, ne consegue che i terremoti della valle del Belice avrebbero il loro ipocentro nelle immediate vicinanze della discontinuità fisica fra la crosta inferiore ed il mantello superiore (Mohorovicic).

I dati di sismica a rifrazione profonda portano a dedurre che lungo la direttrice Trapani - Etna, la struttura della crosta si presenta molto complessa con il settore occidentale della Sicilia caratterizzato da una crosta sialica di circa 15 Km di spessore e da un'ampia zona di transizione al mantello superiore.

In ogni caso si ritiene, sulla base dei dati disponibili, che gli eventi sismici nell'area ed in particolare quello del 1968, non siano stati accompagnati dall'insorgere di nuove faglie superficiali o dal ringiovanimento di quelle preesistenti.

Infatti, pur accettando come scontato il rapporto tra sismicità e tettonica in generale, sembra assai poco probabile che il piano lungo il quale avviene la rottura profonda possa

conservare la sua continuità fino in superficie.

Questa considerazione vale in particolare per regioni nelle quali gli ipocentri sono relativamente profondi e generalmente compresi tra una e qualche decina di chilometri, e la struttura geologica di superficie risulta molto complessa, come sembra essere nel nostro caso.

Generalmente l'insorgere di nuove faglie, osservabili direttamente in superficie, costituisce l'effetto e non la causa del terremoto.

Una tesi sulla genesi della sismicità nell'area in studio ipotizza l'esistenza di relazioni abbastanza strette fra le aree sismiche e le fasce di transizione fra regioni geologiche a facies diversa, da un lato, ed i bacini di subsidenza terziaria e quaternaria, dall'altro. La delimitazione delle aree di facies diversa e dei bacini di subsidenza si identifica, nelle grandi linee, con l'individuazione di zolle crostali che hanno avuto, nel tempo, una diversa evoluzione geologica. Sembrerebbe ipotizzabile che le zone di giunzione tra queste zolle crostali possano essere state ed essere tuttora sede di particolari deformazioni capaci di originare attività sismica.

Nella zona interessata dal sisma nel 1968, quello più indicativo per lo studio della sismicità dell'area, concordemente a quanto esposto ai §§ precedenti sulla geologia e tettonica dell'area, sembra possano identificarsi due zone che, almeno nell'intervallo Miocene medio-Calabriano, hanno avuto una evoluzione geologica sensibilmente diversa.

A Sud e a Sud-Est dell'allineamento Montevago - Contessa Entellina-Corleone, i Monti Sicani e le loro propaggini occidentali (Monte Magaggiaro) costituiscono una zona in massima parte emersa durante il Miocene ed il Pliocene; nei periodi precedenti, a partire dal Trias medio-superiore, questa catena montuosa è emersa o si trova in posizione di alto strutturale.

A Nord e a Nord-Ovest dell'allineamento precedentemente indicato la valle di Mazara e probabilmente la massima parte della valle del Belice sono state interessate da una notevole subsidenza che ha portato il tetto della serie prevalentemente calcarea ad oltre mille metri di profondità, come dimostrato dai sondaggi per ricerca petrolifera e da studi geofisici.

Il bacino subsidente è colmato da depositi argilloso-arenacei, attribuibili al Miocene medio, con intercalate colate gravitative. La sovrastante serie evaporitica gessoso - solfifera rappresenta la fine del colmamento del bacino subsidente ed il termine del relativo ciclo sedimentario.

I sedimenti del successivo ciclo pliocenico si sono depositati in due bacini subsidenti distinti, separati da una dorsale orientata circa NE-SW, disposta lungo la direttrice Castelvetro-Monte Finestrelle che fisicamente separa la valle del Belice dalla val di Mazara.

La zona epicentrale del sisma del Belice può essere situata grossomodo nel triangolo Poggioreale-Gibellina-Salaparuta cioè in vicinanza proprio della linea strutturale Castelvetro-

Monte Finestrelle. Tuttavia gli epicentri di alcune scosse risultano alquanto spostati verso Sud-Est rispetto quelle che hanno investito gli abitati di Gibellina, Salaparuta e Montevago.

L'area sismica potrebbe quindi coincidere con la zona compresa tra due linee subparallele che hanno separato per lunghi periodi zone a differente evoluzione geologica e che potrebbero rivestire pertanto carattere di giunzioni, sismicamente ancora attive, tra zolle crostali a differente mobilità.

Non a caso gli epicentri delle scosse più importanti sono stati individuati tra i due allineamenti Castelvetro - Monte Finestrelle e Montevago-Bisacchino-Corleone.

Infatti, 19 dei 23 epicentri verificatisi cadono tra i due allineamenti e fra questi 9 cadono proprio lungo la linea Castelvetro-Monte Finestrelle.

Pur mancando riscontri o termini di paragone attendibili con eventi sismici verificatisi in passato in questa zona, la disposizione degli epicentri, le profondità degli ipocentri e la successione temporale delle scosse sembrano avvalorare l'ipotesi che le direttrici indicate possano corrispondere a giunzioni, sismicamente attive, che separano zolle crostali a diversa mobilità.

Questa ipotesi sulla genesi del sisma del 1968, sufficientemente realistica, porta ad ipotizzare che tutta la zona indicata dalle due direttrici sopra indicate, attualmente quiescente, possa essere ancora sede di epicentri di altre scosse sismiche.

In merito alle ripercussioni di tipo geomorfologico in seguito al sisma del 1968, è stato accertato che furono innestati alcuni fenomeni franosi che hanno interessato principalmente i complessi di rocce lapidee con fenomeni di crollo lungo superfici di discontinuità preesistenti come superfici di stratificazione e fratture.

I casi più vistosi si sono verificati negli strati massivi solfatici della serie gessoso-solfifera e nelle calcareniti bioclastiche.

A crolli veri e propri si è talora associata, in dipendenza dei fattori geomorfologici locali, l'apertura di fenditure con abbassamenti del suolo.

Altri movimenti franosi, tutti di modesta entità, hanno interessato, sotto forma di scoscendimenti, le coltri di materiali in disfacimento che ricoprono terreni limosi e argillosi.

Questi fenomeni, si sono verificati per lo più in zone già nel passato interessate da frane o in condizioni prossime all'equilibrio limite.

Da quanto sopra esposto, la considerazione del fatto che il Comune di Marsala ricade a margine di un'area storicamente definita a rischio sismico ha indotto lo scrivente ad uno studio più approfondito della tematica che, unitamente al piano di indagine condotto, ha consentito di definire con sufficiente precisione il rischio sismico cui è esposto il territorio.

Il comune è attualmente classificato in Zona 2 a sismicità media con picco di accelerazione al suolo PGA (Peak Ground Acceleration), per frequenza ed intensità degli eventi, variabile fra 0,15 e $0,25g^1$.

In un spettro di risposta elastico, il PGA coincide con il valore dell'accelerazione spettrale $S_e(T)$ quando il periodo proprio di oscillazione dell'oscillatore elementare di riferimento è pari a $T=0$ poiché in questo caso l'oscillatore è infinitamente rigido e pertanto ha la stessa accelerazione del terreno.

Per ciò che riguarda i dati misurati con la prospezione eseguita, è stata stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (orizzontali : V_{s30}) mediante la tecnica di sismica passiva meglio esposta nella Relazione AP R06 § 9, al fine di avere una conoscenza del substrato e del suo comportamento sismico in relazione ai manufatti da impostare.

La prospezione sismica eseguita quindi consente di conoscere il comportamento del terreno sotto stress sismico e ricavare indicazioni valide sulle onde primarie V_p .

Il rilevamento, eseguito in questa fase, successivamente confermato dai dati down hole, è stato di tipo passivo mediante un dispositivo “Tromino” utilizzando la metodologia dei microtremiti in corrispondenza del centro di misura ed ha consentito la correlazione del valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato compatto (bedrock geofisico) oltre che di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, è stato possibile ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

La corrispondenza fra i picchi di frequenza e le profondità dell'orizzonte geofisico che genera il contrasto d'impedenza ha consentito anche di estrapolare la stratigrafia geofisica del sottosuolo e quindi di correlarla con quanto misurato attraverso le altre prospezioni.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze ed è associabile a contatto copertura – roccia.

In genere a maggiori frequenze si possono rilevare discontinuità geologiche mentre a basse frequenze è individuabile il rifrattore sismico superficiale.

Nella fattispecie, l'utilizzo del codice di calcolo sintetico per il rilievo eseguito ha evidenziato due discontinuità sismiche distinte rilevate nei rilevamenti che hanno consentito la correlazione con i SEV distinguendo i terreni di copertura costituiti da sedimenti eterogenei di riporto di natura sabbiosa e limosa ($V_s = 194 - 486$ m/s) poggianti su un

¹ $g=9,80665$ m/s²

substrato sabbioso con livelli calcarenitici e limosi a $V_s > 500$ m/s per oltre 30 mt di profondità.

La crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche è correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo che è legata a sua volta con l'aumento del grado di consolidamento.

Le frequenze caratteristiche di risonanza del sito in studio e le V_{s30} risultano essere nel rapporto H/V nel range 0.0 - 64 Hz di :

T1 SS1 = 5,81 Hz **$V_{s30} = 497$ m/sec**

T2 SS2 = 33,44 Hz **$V_{s30} = 499$ m/sec**

T3 SS3 = 1,19 Hz **$V_{s30} = 485$ m/sec**

T4 SS4 = 4,47 Hz **$V_{s30} = 442$ m/sec**

In merito alla definizione dell'azione sismica di progetto, ed in riferimento all'individuazione delle categorie di sottosuolo di fondazione basate sulla definizione delle V_{s30} , secondo il D.M. 14 gennaio 2008 inerente le Norme Tecniche di Costruzione.

In base a tale normativa si può suddividere l'area portuale in due settori: Il primo localizzato presso la banchina curvilinee in cui i dati sismici e stratigrafici inducono a considerare i terreni di **categoria C** caratterizzante i depositi a grana fine mediamente consistenti caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con l'aumento della profondità.

Tale inserimento è da mettere in relazione alle prove di resistenza in situ (SPT vedi allegato 3) che hanno fornito valori scadenti.

Per tutta l'area portuale restante, i terreni possono essere inseriti in **categoria B** che comprende depositi di sedimenti a grana fine consistenti con spessori superiori a 30 mt caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche all'aumentare della profondità e con valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s .

Per maggiori dettagli sul piano di indagine eseguito, nella Relazione AP R06 sono riportati i risultati delle prospezioni con i grafici di riferimento.

3.6. Ricostruzione del modello geologico e strutturale dell'area

I dati discussi indicano chiaramente la dinamica geomorfologica che ha interessato la zona portuale recente a prescindere dalla determinazione della cronologia, databile solo se condotta con valutazioni nucleari, intesa come successione di eventi

Il settore studiato, in tempi storici, inizialmente era costituito da una spiaggia aperta impostata sulla panchina calcarenitica con le caratteristiche giaciture attuali.

A supporto di tale ipotesi è il dato fornito dalla sedimentologia di un ambiente dinamicamente attivo e ossigenato con una sabbia a granulometria grossolana.

A seguito della formazione di un ostacolo al moto ondoso direttamente incidente, presumibilmente come una barra soffolta o emersa, si instaurò un sistema di laguna che porta ad un ambiente riducente come ben testimoniato dalla presenza di limi sabbiosi scuri.

In mezzo a questo periodo di ambiente lagunare si verificano probabilmente movimenti eustatici progressivi che portano il sistema, almeno quello più a riva, all'emersione, o ad un livello marino molto basso come testimoniato dal livello di torba del sondaggio SM 1, in cui si ipotizza che le alghe secche siano state accumulate dalla corrente o dal moto ondoso più incidente a causa dell'aumento del livello marino sull'ostacolo rappresentato dalla barra soffolta o emersa.

Successivamente, a seguito della diminuzione del livello del mare, si ritorna al sistema riducente di laguna di cui in precedenza per poi fermarsi all'assetto attuale.

Questo sistema riflette quello che attualmente è in atto nella laguna di Mothia e si ritiene che abbia interessato in tempi recenti (olocene) e storici anche la costa che corre da Mazara a Trapani, come testimoniato dalla presenza diffusa di limi palustri in tutto questo settore.

3.7. Descrizione delle attività svolte sul sito

Il comprensorio portuale di Marsala, realizzato inizialmente come struttura di livello provinciale, ad oggi non presenta uno schema organizzato nonostante la struttura sia stata realizzata verso una direzione commerciale. Infatti, l'industria vinicola rappresenta oggi una forte realtà produttiva a livello nazionale anche se altre attività stanno incrementando il loro peso.

Con lo sviluppo della nautica da diporto e le recenti realizzazioni di manifestazioni internazionali nella vicinissima Trapani, Marsala ha assunto una importanza strategica grazie anche alla sempre maggiore offerta a livello turistico che la zona fornisce agevolata anche dall'ampliamento e notevole sviluppo dei flussi del vicino aeroporto di Birgi.

Per tale motivo, grazie ad uno specchio acqueo di 365.000 metri quadri, uno sviluppo costiero di 3.547 metri ed una estensione a terra di 96.000 metri quadri, il porto è stato riconosciuto dal piano strategico per lo sviluppo della nautica e da diporto in Sicilia, come un punto di forza e nevralgico, del turismo nautico mediterraneo e, pertanto, indicato come porto hub.

L'attuale porto di Marsala nasce solo in tempi recenti in quanto, già dai tempi delle guerre puniche, gli approdi avvenivano nella laguna dello Stagnone, ed in epoca araba nell'area di Punta Alga fino al 1575 quando Carlo V ne dispose l'interramento per contrastare i Saraceni.

La realizzazione del primo impianto portuale su cui poi si è pervenuti allo stato attuale si deve a J. Woodhouse a partire dalla fine del settecento (1773), il quale, spinto dalla produzione vinicola locale non organizzata, la evolse verso un livello più industriale avviandone l'esportazione e realizzando quindi il "nuovo porto di Margitello", l'embrione dell'attuale impianto portuale esistente.

Dopo la realizzazione del molo Colombo e della attuale banchina curvilinea, cui è seguito un primo intervento di dragaggio negli anni '70 – '80, (vedi carta nautica 1:5.000 del progetto definitivo) il porto ha assunto fin dal dopoguerra l'attuale configurazione con la costruzione della diga di sottoflutto attaccata alla terraferma lungo la strada provinciale prima e quella di sopraflutto, in tempi più recenti, attaccata al molo Colombo.

Con l'aumento del tonnellaggio e pescaggio delle barche, soprattutto dei pescherecci e con una maggiore frequenza nella presenza di navi, è stato realizzato l'ultimo serio intervento di dragaggio nel 2003 dalla COMAS sas eseguito dalla draga S. Giuliano con un disgregatore per sedimenti poco o pseudocoerenti (nella foto), e diretto tecnicamente dal geologo dr P. Merk , che ha interessato una buona parte del settore interno fino all'altezza della punta del molo Colombo.



Disgregatore della draga S. Giuliano - Dragaggio del 2003

Questi lavori, oltre ad un rilevamento periodico del fondale, hanno comportato anche alcune analisi sedimentologiche e chimico - fisiche che hanno consentito una correlazione dello stato precedente con quello attuale (Vedi §§ seguenti).

Attualmente nel comprensorio sono presenti tre cantieri navali due officine per riparazione dei motori e due scali di alaggio per imbarcazioni fino a 50 tonnellate.

Il rifornimento idrico come anche i rifornimenti dei carburanti sono possibili solo nelle ore diurne dalla condotta e dal deposito siti sia nel piazzale dei Mille che nella via dei Mille.

In merito alla definizione delle aree a maggiore possibilità di inquinamento e dei possibili percorsi di migrazione e alla identificazione delle possibili sostanze presenti come anche in merito ai risultati di eventuali pregresse indagini ambientali e relative analisi chimiche fisiche si rimanda al piano di caratterizzazione ambientale di cui ai paragrafi seguenti.

4. INQUADRAMENTO URBANISTICO

Il Piano Regolatore Portuale di Marsala, è stato approvato con decreto dell'Assessorato Regionale al Territorio ed Ambiente n. 428 del 11/04/2003.

In relazione al Progetto MYR, si osserva che in detto PRP è presente un'opera di difesa isolata posta all'imboccatura del porto orientato con direzione E-W in opposizione al moto ondoso proveniente da scirocco (SE) e Ostro (S).

In merito alla delimitazione delle aree di attività di ha :

- Aree destinate ad attività Commerciali dove sono stati previsti 4 attracchi sul molo sottoflutto a levante e 2 attracchi in banchina per una lunghezza di 200 m, sul molo curvilineo a ponente con banchina per una lunghezza di 285 m, e sul prolungamento dello stesso molo verso sud (dove attualmente attraccano navi cisterna) con banchina per una lunghezza di circa 400 m;
- Aree destinate ad attività passeggeri, dove sono previsti 2 attracchi di Traghetti per una lunghezza compresa fra 100 m e 170 m e Navi Crociere con banchina riservata fino ad una lunghezza di 250 m ubicati in modo prospiciente all'abitato onde facilitare ai turisti l'accesso al tessuto urbano.
- Aree destinate ad attività di Pesca e di Cantieristica navale cui è destinato il lato di ponente del bacino portuale esistente e dove attualmente vengono svolte.
- Aree destinate ad attività per la Nautica da Diporto cui sono destinati specchi acquei ed aree a terra nella zona di levante del porto fino al molo di sottoflutto, dove attualmente già insistono aree in concessione demaniale marittima a privati.

Per quanto riguarda la quota dei fondali, il PRP vigente prevede un escavo fino all'isobata - 7.00 m, s.l.m. nelle aree ubicate all'imboccatura del porto ed in prossimità delle banchine interne destinate alle attività commerciali e passeggeri.

Nelle aree destinate al comparto pesca invece si prevede un escavo fino alla isobata - 5.00 m, nel settore destinato alla cantieristica si prevede l'escavo a -3.00 m mentre nel settore destinato alla nautica da diporto sono previsti escavi a -3.00 m e - 2.00 m.

5. SITI DI UTILIZZO E PROCESSI INDUSTRIALI DI IMPIEGO

In merito all'utilizzo dei materiali e della ubicazione dei siti ai fini del trattamento finalizzato allo stoccaggio definitivo, una aliquota minoritaria, pari a circa 26.000 mc andrà riutilizzata nei cassoni di banchina che saranno collocati per la costruzione del molo di sottoflutto.

Quindi si tratterà di un trasferimento di materiale dal fondale alla banchina entro i cassoni nello stesso ambito portuale.

L'aliquota restante di 50.873 mc si prevede che verrà riutilizzata per il riempimento della colmata di C.da Casabianca sita sul lungomare meridionale del comune di Marsala, la cui stima di contenimento minima è di circa 148.000 mc, quindi ampiamente bastevole alle esigenze di stoccaggio dei materiali in discussione.

Alla tav. 3 A_B Carta morfologica in scala 1: 10.000 del PUDM di Marsala è indicata l'area di colmata di C.da Casabianca.

Da quanto sopra, si ritiene che abbia una importanza fondamentale l'individuazione dell'area in cui possono essere stoccati i sedimenti dragati provvisoriamente ai fini del processo di disidratazione che, in considerazione delle caratteristiche favorevoli, non necessitano di trattamenti di bonifica ai fini dell'impiego previsto (vedi AP R.07 Piano di indagine - sezione piano di caratterizzazione).

Inoltre, sulla base di quanto esitato dal Piano di caratterizzazione non si ritiene che tali sedimenti debbano essere oggetto di ulteriori indagini ambientali in quanto, nell'area portuale, non sono presenti insediamenti industriali tali da provocare fenomeni di inquinamenti. A tal proposito vedasi la Planimetria dello Stato di Fatto AP D.07.

Quindi, l'unica operazione da eseguire sui sedimenti dragati, è quella di disidratazione dei sedimenti per la quale devono essere previsti tempi compatibili con la tempistica delle operazioni di escavo.

Le soluzioni di dragaggio previste nello specifico caso (vedi relazione sul dragaggio) comportano l'impiego di draghe a sorbona, possibilmente con stiva entro cui compiere l'operazione di essiccamento o con conferimento della miscela di acqua e sedimento, attraverso tubi, dalla draga fino ai siti di essiccamento opportunamente dimensionati.

Il dimensionamento delle draghe dipende dalla velocità di essiccamento del sedimento e quindi dalla capacità di liberazione delle vasche onde potere fare affluire altra miscela di acqua e sedimento.

La necessità di separare il liquido, che viene quindi restituito al mare, dal solido risiede nel fatto che è necessario ridurre i volumi al fine di ridurre i costi soprattutto di trasporto.

In relazione a ciò, si ritiene che la normale azione di essiccamento naturale in vasca di decantazione, per quanto inserita fra le soluzioni previste, non sia la soluzione più idonea in quanto si dovrebbe installare un cantiere con tempi lunghi e tale soluzione presupporrebbe la realizzazione di vasche interrato di dimensioni notevoli.

Si ritiene invece che la soluzione più versatile sia quella costituita da metodologie di disidratazione specifiche dei sedimenti dragati mediante l'uso di geotessili.

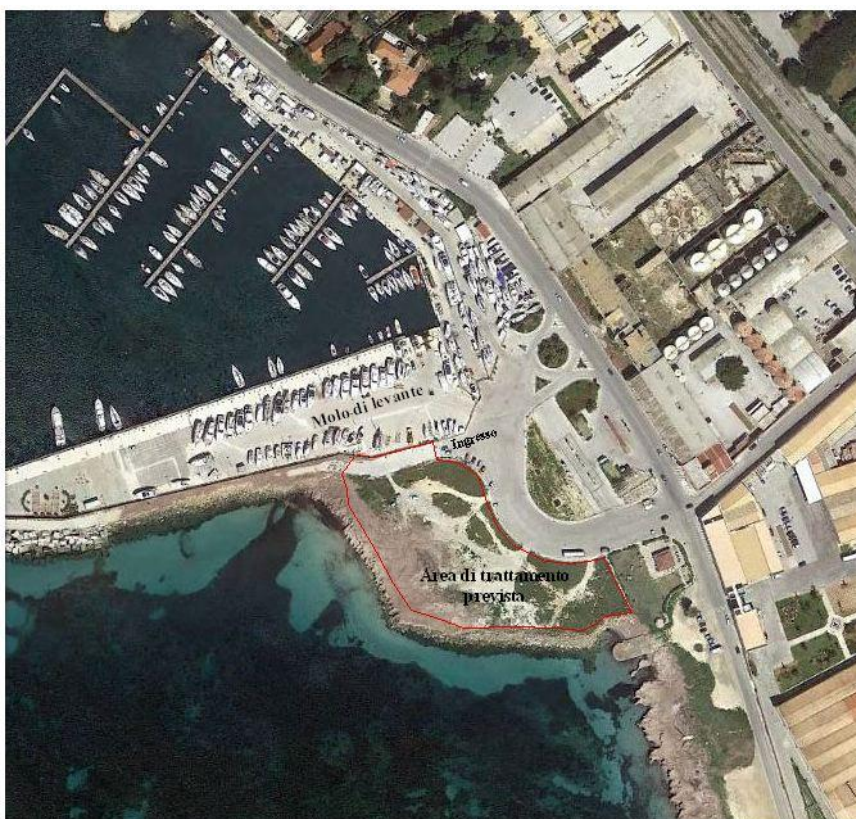
Tali geotessili presentano il vantaggio di una elevata permeabilità ed una ridotta porosità per cui la fase liquida viene facilmente allontanata mentre quella solida viene trattenuta all'interno del sacco o tubo.

Inoltre, l'uso di additivi flocculanti o coagulanti, può velocizzare ulteriormente la disidratazione della miscela migliorando così i tempi di trasferimento.

Peraltro, i tubi geotessili, possono essere utilizzati sia come contenimento del sedimento nei cassoni sia su un bacino di contenimento in HDPE ricoperto da uno strato di ghiaia drenante posto direttamente sul terreno in leggera pendenza su cui poi si colloca il tubo in geotessile.

Il tubo geotessile viene collegato alla condotta che proviene dalla draga attraverso cui vengono pompate i sedimenti. Quindi è utile che il tragitto del tubo sia breve anche se le draghe possono spingere i sedimenti anche per qualche migliaio di metri.

Per i motivi su esposti, il sito individuato, è quello ubicato all'immediato ridosso del molo di levante (vedi foto a dx e tav. 6 che presenta un'area sgombra estesa oltre 10.000 mq ed in lieve pendenza atta a contenere anche diversi tubi geotessili da adibire all'uso.



Tale area, che farebbe anche da area di stoccaggio provvisorio e transitorio per la essiccazione, è sita presso la radice del molo di Levante sempre in ambito portuale.

Inoltre presenta gli indubbi vantaggi di essere ubicata nel raggio di circa 1 km dal punto più distante dei siti di destinazione e di prelievo previsti come esposto in tav. 6 per cui le distanze di trasporto verrebbero ottimizzate e ridotte.

5.1. Percorsi di trasporto del materiale da scavo

Come già esposto, le aree impiegate nel processo di gestione sono costituite dai siti di produzione, dalle aree di deposito in attesa di utilizzo e processi industriali di impiego e dai siti di utilizzo.

I siti di produzione sono le quattro aree del fondale dell'ambito portuale indicate in tav. DF S.05 - Planimetria di dragaggio e computo dei volumi.

Non sono previste altre fasi di caratterizzazione in quanto tale fase è già stata espletata e comunque non si ritiene che le lavorazioni producano fonti di inquinamento che necessitino di ulteriori indagini.

In merito alle aree di deposito in attesa di utilizzo, in dipendenza dal tipo di dragaggio che si intende eseguire, sono state individuate a ridosso del molo di levante (vedi paragrafo precedente e tav. 6).

In merito ai siti di utilizzo, come già scritto, si prevede una aliquota di circa 26.000 mc da stoccare in cassoni per la costruzione della nuova banchina di levante e della diga foranea, mentre i volumi rimanenti pari a circa 48.500 mc saranno riutilizzati nelle aree indicate in precedenza presso colmata di C.da Casabianca la cui stima di contenimento raggiunge circa 148.000 mc, ampiamente capiente per lo stoccaggio definitivo dei sedimenti provenienti dal dragaggio.

Le modalità di trasporto previste dei volumi di materiale, saranno direttamente dalla draga mediante condotta idraulica entro geotessili per la decantazione, l'essiccamento, e, dopo l'estrusione, su strada, per il conferimento sia nei cassoni che in colmata. In tav. 3 e 4 è esposta la metodologia proposta e le fasi di trattamento dei sedimenti.

Inoltre, il trattamento proposto ha il vantaggio di potere impiegare direttamente sul sito i geotubi quali riempimento dei cassoni oltre che come rimodellamento della struttura in area costiera quale quella di C.da Casabianca.

5.2. Volumetrie materiali e cicli di lavorazione

Per ciò che riguarda la volumetria dei geotubi e le aree da impiegare in relazione ai tempi di dragaggio e trattamento dei sedimenti dragati si delinea di seguito una analisi sommaria con l'avvertenza che in fase operativa dovrà essere redatto un apposito progetto in quanto le indicazioni attualmente disponibili non sono ancora sufficienti e possono subire variazioni a seguito di cambiamenti oggettivi dei parametri di fondo per cui l'analisi potrebbe risultare sovra o sotto stimata.

Nel progetto inoltre, verrebbero eseguite prove di flocculazione, filtraggio, test di disidratazione e prove pilota atte a definire con più precisione tutte le fasi e la tempistica.

Il parametro su cui ruota tutta l'operazione di dragaggio è rappresentato dai tempi di disidratazione che a sua volta dipende dalla volumetria dei geotubi.

Questo dato dipende dal volume dei sedimenti da dragare, dal contenuto di umidità del sito di trattamento, dalle caratteristiche fisiche dei sedimenti e dalla percentuale d'acqua che compone la miscela da trattare.

Inoltre, vi sono alcune variabili da tenere in considerazione quali i volumi di materiali prodotti nell'unità di tempo .

Una particolare attenzione deve anche essere posta nella scelta del luogo di trattamento che deve avere i requisiti di estensione sufficiente e pendenza.

Tali dati influiranno sia sulla additivazione chimica da utilizzare che sulla percentuale di disidratazione da raggiungere.

Il progetto inoltre comprenderà le previsioni di installazione di cantiere in cui sarà presente una stazione di pompaggio, una centrale di dosaggio, una linea di adduzione del sedimento ed il bacino di contenimento con i geotubi.

La circostanza che la fase di disidratazione viene attuata in un sistema “chiuso”, garantisce la compatibilità ambientale del trattamento. Quindi la movimentazione dei fanghi avverrà solo durante le fasi del dragaggio.

In merito alla portata di ingresso nel sito di trattamento, e nei geotubi, dipende dalle attrezzature di dragaggio utilizzate, e comunque varia da 150 a 600 mc/h in continuo.

Dovendo dragare circa 75.000 mc di sedimenti ed ipotizzando una produzione media di 300 mc/h di fanghi di dragaggio, in un giorno lavorativo di 8 h, verrebbero dragati 2.500 mc di sedimenti.

Utilizzando geotubi di circonferenza da 13 m, lunghezza 30 m e diametro 4 mt si prevede una altezza massima di 2 mt di riempimento pari ad un volume di 175 mc.

L'utilizzo di 14 geotubi consentirebbe il trattamento dei fanghi di dragaggio prodotti in un giorno.

Questa tempistica di esecuzione del dragaggio dovrà prevedere innanzitutto l'esecuzione degli escavi delle aree A1 e A2 che, insieme ai volumi estratti per la realizzazione del megadock, andranno alla colmata di C.da Casabianca.

Tale fase dovrà essere preminente in quanto consentirà di raggiungere la quota di imbasamento dei cassoni che poi verranno riempiti con i sedimenti provenienti dalle aree A3 e A4. (vedi § 1.1.)

5.3. Modalità di dragaggio e riutilizzo dei sedimenti marini

La scelta della tipologia di escavo è dipesa essenzialmente da tre parametri principali:

- granulometria del sedimento espressa in percentuale di ghiaia, sabbia, limo e argilla;
- tipologia e concentrazioni dei diversi contaminanti presenti che nel presente caso non è determinante.
- quantità di sedimento da trattare che nel caso attuale consiste in 26.000 mc da stoccare in cassoni e 48.000 in colmata.

La tecnica di escavo e lo stoccaggio quindi sono sostanzialmente condizionati da :

- Valori di umidità elevati;
- Prevalenza delle frazioni granulometriche più fini;
- Elevato contenuto salino;
- Eterogeneità e contemporanea presenza di contaminanti sia di natura organica che inorganica che nel caso in studio è scarsa;

5.3.1. Tecniche di dragaggio da adottare

Innanzitutto va osservato che l'escavo previsto sarà ai fini del ripristino della sicurezza della navigabilità attraverso l'approfondimento mirato del fondale al fine di mantenerne la corretta funzionalità

Dallo studio geologico e sedimentologico si è accertato che le maggiori cause di insabbiamento del fondale sono dovute alla dinamica correntometrica dall'esterno del porto.

Per tale motivo, il grado di contaminazione dei sedimenti è risultato basso e, grazie alla qualità microbiologica riscontrata, è possibile destinarli sia al riempimento dei cassoni che al ripascimento della colmata di C.Da Casabianca.

In ogni caso, le operazioni di dragaggio previste assumono la connotazione di un ulteriore intervento di risanamento ambientale grazie al rimestamento e quindi alla ossigenazione del fondale che ne deriverà.

Questo contribuirà anche a garantire il mantenimento di uno standard di qualità dell'ambiente acquatico (Manuale ICRAM, 2007).

Le attività di dragaggio avverranno rispettando precise indicazioni riguardo a:

- sicurezza;
- dispersione di sedimento;
- torbidità e risospensione del sedimento;
- precisione e selettività;
- concentrazione della miscela.

Per tale motivo nel presente progetto è stata presa in considerazione la configurazione del sito, l'accuratezza dell'intervento e la protezione dell'habitat.

5.3.2. Il dragaggio idraulico

Non considerando il dragaggio meccanico in quanto non idoneo nella situazione attuale, il sistema di dragaggio previsto sarà quello idraulico detto anche a sorbona, in quanto applicabile in presenza di materiale poco compatto, che viene prelevato e trasportato mediante tubi al trattamento.

Tale tipo di dragaggio venne usato anche nel dragaggio eseguito nel 2003/2004 dalla Impresa COMAS e seguito in tutte le sue fasi dallo scrivente.

Questo contribuirà a limitare sicuramente il problema della contaminazione dell'ambiente acquatico impedendo quindi la diffusione di eventuali sostanze contaminate presenti sul fondale del porto.

Il sistema idraulico risulta più veloce rispetto quello meccanico e viene utilizzato per rimuovere grandi volumi di sedimento su lunghe distanze, ragione per cui è più costoso rispetto al dragaggio meccanico.

Lo svantaggio di questa tecnica è quello di trattenere una percentuale di acqua maggiore che nel caso di dragaggio meccanico ma tale inconveniente può essere compensato dall'uso dei geotubi al fine di accelerare il processo di disidratazione dei sedimenti.

Le draghe a sorbona che potrebbero essere utilizzate sono di due tipi:

- **la draga stazionaria aspirante con disgregatore** che nel caso in studio deve essere sia per fango che per roccia tenera.

- **la draga aspirante semovente, con disgregatore e/o con pozzo di carico.**

La dimensione di una draga stazionaria a sorbona con disgregatore è dimensionata secondo il diametro della condotta di aspirazione; tale diametro è compreso tra 100 e 1.500 mm.

Una moderna draga di questo tipo, altamente automatizzata, è in grado di mantenere per un periodo di tempo prolungato un tasso di produzione settimanale fino a 500.000 m³.

La draga è fornita di piloni scorrevoli verticalmente che, con l'infissione alternata, permettono il posizionamento e l'avanzamento dell'unità in fase di dragaggio.

Le draghe esistenti hanno una potenza installata compresa tra 100 e 30.000 HP, ed una profondità di scavo variabile tra 3 e 45 m. Spesso hanno bisogno di essere rimorchiate ma ne esistono anche autopropulsive.

La draga aspirante semovente con pozzo di carico è capace di operare senza l'ausilio di boe di ancoraggio o cavi.

Le draghe esistenti hanno una capacità di carico compresa tra 100 e 20.000 m³ e possono operare tra una profondità minima, dettata dal pescaggio della draga, di 5-8 m e una massima di oltre 100 m.

Le caratteristiche fisiche del materiale da prelevare, la quantità, la profondità di dragaggio, la distanza, le caratteristiche fisico-ambientali dell'area di ricollocaimento e il basso livello di inquinamento dei sedimenti, sono i principali fattori riscontrati che consentono di definire questo tipo di dragaggio più idoneo da utilizzare.

5.3.3. Il trasporto dei sedimenti di dragaggio

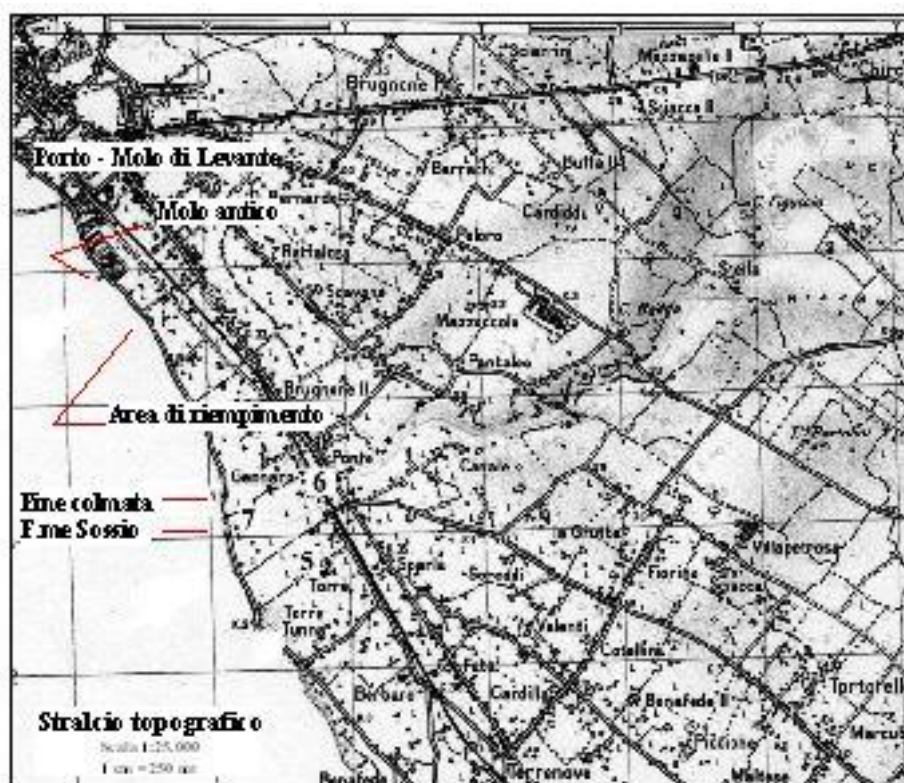
Come già esposto, il trasporto dei materiali dragati avverrà secondo tre modalità:

- Trasporto idraulico attraverso tubo alle aree di trattamento. Nel caso di stoccaggio in cassoni, si potrebbe prevedere il trattamento direttamente entro cassoni in cui verrebbero collocati i geotubi.

Tale modalità riduce drasticamente i pericoli di intorbidimento e contaminazione dello specchio acqueo con i sedimenti dragati.

- Stoccaggio intermedio in apposita area di trattamento per come esposto ai paragrafi precedenti e successivo carico delle terre di dragaggio disidratate alle unità di trasporto, affidato ad autocarri dotati di cassoni a tenuta.
- Stoccaggio definitivo la cui area è stata individuata nella colmata di C.da Casabianca, ubicata a Sud del comprensorio portuale ad una distanza variabile da 160 mt a 700 mt. (vedi Tavola 5).

L'area individuata è quella compresa fra la linea di frangiflutti e la strada provinciale SP 84, per la quale il Comune di Marsala ha previsto il riempimento artificiale ai fini sia di un'ulteriore protezione dell'arteria di comunicazione per la quale erano stati realizzati i frangiflutti, sia per



l'inserimento di una pista ciclabile che correrà dal molo storico sito davanti allo Stabilimento Florio fino al Fortino.

Il tutto nel rispetto delle previsioni contenute nel *"Progetto per la riqualificazione urbanistica ed ambientale dell'area di colmata, Waterfront dell'area adiacente al Porto di Marsala"*, presentato nell'ambito del Piano

Integrato di Sviluppo Territoriale (PIST).

Infine, con riferimento alla tavola 5 si osserva l'area in cui si prevede di stoccare i quasi 54.000 mc di sedimenti di dragaggio.

Il fronte dell'area, che parte dal molo storico, approssimativamente misura 450 m di lunghezza per 80 m di larghezza e per una estensione di circa 28.000 mq. Assumendo che la profondità media di posa dei sedimenti sia pari a 2 mt, si stima che possano essere stoccati definitivamente circa 56.000 mc di sedimenti entro i volumi previsti.

Come si può osservare dalla stralcio, sopra esposto, della carta scala 1:25.000, l'area di deposizione dei fanghi di dragaggio è ubicata ad una distanza variabile fra circa 150 mt e 600 mt dal molo di levante dove si prevede di ubicare il cantiere di trattamento e disidratazione dei sedimenti.

6. MIGLIORAMENTO CARATT. MERCEOLOGICHE – DISIDRATAZIONE

Per ciò che riguarda i materiali dragati, e sulla base della caratterizzazione ambientale eseguita in fase di progetto definitivo ed esposta ai paragrafi precedenti, si ritiene, come esposto in precedenza, che l'unica operazione da eseguire, finalizzata a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali da scavo per il loro utilizzo sia l'essiccazione mediante disidratazione del materiale dragato onde poi procedere al conferimento al sito di utilizzo.

Infatti, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3 del DM 161/2012, costituiscono un trattamento di normale pratica industriale quelle operazioni alle quali può essere sottoposto il materiale da escavo, finalizzate al miglioramento delle sue caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, *“fatto salvo il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti, dei requisiti di qualità ambientale e garantire l'utilizzo del materiale da scavo conformemente ai criteri tecnici stabiliti dal progetto”*.

Le operazioni più comuni che rientrano tra le operazioni di normale pratica industriale sono:

- la selezione granulometrica del materiale da scavo, che nel presente caso si presenta sufficientemente omogenea ed ascrivibile alla sabbia fine con scarsa concentrazione di limo.
- la riduzione volumetrica mediante macinazione; non necessaria nel caso in studio ma che comunque viene ridotta sia attraverso l'uso del disgregatore meccanico che allontanando la componente liquida da quella solida.
- In considerazione del fatto che il sedimento verrà utilizzato essenzialmente come materiale inerte non sarà necessaria alcuna stabilizzazione per conferire ai materiali da scavo le caratteristiche geotecniche necessarie per il loro utilizzo, anche in termini di umidità
- Inoltre, non è prevista la stesa al suolo a contatto diretto per consentire l'asciugatura e la maturazione del materiale da scavo al fine di conferire allo stesso migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli eventuali additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo in quanto la metodologia di essiccazione mediante uso di geotessili consente di evitare che i sedimenti abbiano contatto con il suolo;
- in base alle caratteristiche dei luoghi non si prevede una presenza significativa di elementi/materiali antropici in relazione alle necessarie operazioni per esecuzione dell'escavo.

Si precisa che, stante le risultanze della caratterizzazione ambientale, il materiale mantiene la caratteristica di sottoprodotto anche se contiene la presenza di pezzature eterogenee di natura antropica non inquinante, in quanto rispondente ai requisiti tecnici/prestazionali per l'uso previsto.

Quindi, come esposto ai paragrafi precedenti, l'unica operazione che si prevede eseguire sui sedimenti dragati sarà la loro disidratazione, che nel presente caso, in relazione ai volumi da dragare ed alla cronologia, avverrà mediante l'uso di strutture geotessili ad elevata permeabilità per l'allontanamento della componente liquida, e a bassa porosità per trattenere il solido.

Per favorire ed aumentare la velocità di separazione della miscela sedimento/acqua sarà utile l'uso di additivi flocculanti o coagulanti. In tavola 3 è esposto schematicamente il ciclo.

7. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI

7.1. Modalità di esecuzione

Le attività inerenti il piano di caratterizzazione ambientale, (RG R.01 Relazione Generale e AP R.07 - All.5 Piano indagini) sono state eseguite specificatamente, e per come previsto in sede di colloqui preventivi con l'Ente Istituzionale, secondo il protocollo ICRAM APAT dal CEFIT e sotto la supervisione dell'ARPA Sicilia.

Il piano è stato articolato secondo le seguenti tipologie di indagine:

Punti	Coordinate		Quota m slm	Tipologia	Campioni
A1-1	274282	4185276	-4,60	Vibro-corer/benna	
A1-2	274270	4185237	-5,20	Vibro-corer/benna	
A2-4	274413	4185094	-5,60	Vibro-corer/benna	
A3-1	274486	4185300	-3,50	Vibro-corer/benna	
A4-1	274534	4185316	-4,00	Vibro-corer/benna	
A4-2	274576	4185321	-3,50	Vibro-corer/benna	
A4-3	274543	4185371	-4,80	Vibro-corer/benna	
A4-4	274608	4185312	-3,40	Vibro-corer/benna	
ACQ1	274031	4185989	-2,50	Prelievo fondo/superficie	
ACQ2	274561	4185365	-4,50	Prelievo fondo/superficie	
ACQ3	274301	4185285	-5,00	Prelievo fondo/superficie	
ACQ4	274444	4185123	-4,50	Prelievo fondo/superficie	
STAB1	274175	4184924	-7,00	Stabilizzazione mitili	
STAB2	274536	4185302	-3,00	Stabilizzazione mitili	
Darsena	274045	4186057	+0,40	Prelievo superficiale	

7.1.1. Prelievi di sedimento

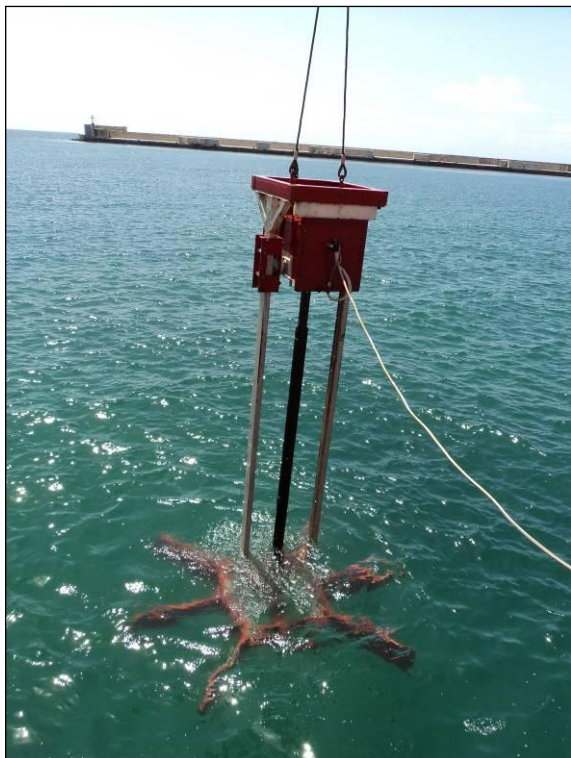
Alla tavola 2 in allegato sono indicate le aree interessate dai campionamenti e l'ubicazione dei punti di prelievo secondo quanto stabilito in sede preventiva e come da protocollo ICRAM APAT.

I campionamenti dei sedimenti superficiali sono stati eseguiti con vibro-carotiere e, su richiesta degli specialisti dell'ARPA, anche con benna benna Van Veen.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti da pontone, e caratterizzati geograficamente mediante posizionamento satellitare e batimetrico come da tabella precedente.

Il vibrocarotiere o *vibrocorer* (nella foto), ha un diametro di 100 mm ed ha consentito su tutti i campioni il recupero del 100% ed il prelievo di sedimento indisturbato senza soluzione di continuità per tutto lo spessore da caratterizzare.

Gli specialisti dell'ARPA hanno constatato l'assenza di contaminazioni della carota da parte della strumentazione utilizzata grazie al rivestimento interno (liner) al carotiere in polietilene inerte.



Vibrocorer sul settore A3

E' stato anche evitato il ricorso a sostanze detergenti di qualunque tipo producendo su specifica richiesta dell'ARPA, di quantitativi di campione sufficienti per tutte le determinazioni analitiche da effettuare. per ogni stazione di prelievo e per soddisfare il quantitativo richiesto per tutte le aliquote prodotte.

Per ogni campione è stata redatta una scheda riassuntiva in cui riportare le informazioni ad essa relative (coordinate e profondità di campionamento, descrizione della carota, scelta e codifica dei livelli di prelievo, etc.).

7.1.2. Prelievi di acque

I campionamenti delle acque sono stati eseguiti con modalità tali da prelevare campioni sia a circa 1 mt dal fondo che a circa 1 mt dalla superficie utilizzando campionatori specifici secondo le prescrizioni del già citato protocollo ICRAM APAT.

Sono stati eseguiti alla presenza dello Specialista ARPA e della D.L. e consegnati al laboratorio di analisi per le indagini previste.

7.1.3. Stabulazioni

Al fine di eseguire la caratterizzazione ecotossicologica della darsena, sono stati posizionati n° 2 pacchi di mitili da 5 kg secondo le ubicazioni indicate alla tabella precedente in due posizionamenti opportunamente scelti.

Tali ubicazioni, poste a circa 1 mt dal fondale, sono state opportunamente scelte in corrispondenza di punti ove, come da informazioni locali, viene ritenuto che l'acqua sia pulita (punto di bianco – stab 1) e dove sia inquinata (punto di nero stab 2).



Bidone di segnalazione sul punto di stabulazione STAB 1

Tali sacchi ancorati ciascuno ad un bidone siglato (nella foto) sono stati mantenuti sul posto per 40 giorni. Dopo tale periodo sono state eseguite le opportune analisi ecotossicologiche esposte in AP R.07 - All.5 Piano indagini.

7.2. Risultati

Sulla base di alcuni precedenti studi eseguiti dallo scrivente e della bibliografia disponibile, viene esposto quanto rilevato in occasione della precedente analisi e, sulla base del nuovo piano di caratterizzazione eseguito, vengono esposte le descrizioni macroscopiche e microscopiche con note mineralogiche dei campioni prelevati sulla porzione più superficiale del fondale, rinviando al documento AP R 07 all. 5 Piano di indagine, in cui sono esposte le analisi per gli approfondimenti di carattere biologico, geochimico ed ecotossicologico.

La prima campagna di analisi fu di tipo batteriologico e venne eseguita il 22/05/02 dal dr. S. Vetro, e ha dato esiti negativi.

Nel Febbraio 2003 invece venne eseguita una analisi chimico fisica su un campione di acqua e su due campioni di sedimento di cui uno proveniente dal dragaggio in fase di esecuzione nella darsena del Porto ai fini dello stoccaggio dei sedimenti di dragaggio in discarica.

L'analisi granulometrica eseguita in $\phi = -\log_2 D(\text{mm})$ del campione prelevato in quella occasione ha indicato una tipologia granulometrica prevalentemente limo – sabbiosa con una modesta percentuale argillosa di cui all'allegato dello studio sedimentologico.

Per ciò che riguarda l'analisi chimico - fisica, su richiesta ed in presenza della locale Capitaneria di Porto furono eseguiti due campionamenti di sedimento su cui è stato analizzato inizialmente il contenuto in idrocarburi totali.

Sia sul campione di cava che di fondale limo - sabbio – argilloso proveniente da decantazione nei vasconi di stoccaggio provvisorio dopo il dragaggio è stato riscontrato un contenuto inferiore a 5 mg/kg in idrocarburi totali.

L'analisi effettuata sul campione d'acqua, ha riportato valori chimici entro la normalità per un porto soggetto a traffico mercantile e commerciale.

Il pH = 7,5 è in linea con i valori medi dell'acqua di mare nel Mediterraneo. Si notano anche valori entro la norma di metalli (Pb, Cu e Cd) ma una seppur modesta presenza di idrocarburi pesanti derivanti esclusivamente da operazioni di bordo dei diversi pescherecci che stazionano nella darsena e comunque entro i predetti limiti.

Si nota invece una discreta presenza di Azoto (N) e Fosforo (P) e azoto ammoniacale (NH_4^+), anche se entro i limiti prescritti nel D.M. 471/99 riportati di seguito:

Elementi	Valore limite (μt)
Cadmio	5
Piombo	10
Rame	1000
Nitriti	500

Il valore dell'azoto ammoniacale, anche se entro la norma, fu spiegato in quanto si trattava di un campione di acqua di mare proveniente da una darsena con scarsa circolazione e soggetta a sedimentazione continua di sedimenti fini e materia organica.

La materia organica che si deposita sul fondo, derivante da operazioni di pesca o altro che vengono generalmente condotte in ambito portuale, subisce un processo di decomposizione in due fasi che comporta l'instaurarsi di un processo di nitrificazione ad opera di batteri che si verifica attraverso due processi conseguenti : uno di ossidazione dei sali di ammonio e nitriti e uno di ossidazione da nitriti a nitrati, nel quadro di un processo di decomposizione naturale dovuto ad azione batterica ed indipendente da cause derivanti dalle operazioni di dragaggio.

Infine un ulteriore studio del 2005 è consistito nella caratterizzazione ambientale di un campione di fondale e nella sua classificazione ai sensi della normativa riferibile ai fanghi di dragaggio riassumibile in:

- D.M. 24/01/96
- d.lgs. 36/2003 GURI 59 del 12/03/03
- D.M. 3 agosto 2005 GURI 201 del 30 Agosto 2005.

Si precisa che l'analisi venne condotta ai sensi della normativa vigente e delle norme ASTM (American Society for Testing Materials), BSI (British standard Institution), CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), ISRM (International Society for Rock Mechanics) UNI (Unificazione Nazionale Italiana) ed eseguita dalla CHIBIVET di Palermo (aut. Ass. Reg. Sanità n° 78971) e la relazione ambientale dallo scrivente.

Il campione venne prelevato al centro del porto e classificato come rifiuto speciale non pericoloso con codice CER 170506, stoccabile in una discarica ex II° categoria tipo B.

L'analisi chimica del campione di sedimento ha comportato l'utilizzo di diverse tecniche fra cui la spettrofotometria ad assorbimento atomico e la diffrattometria.

In particolare, vennero analizzati i contenuti in Mercurio, Cadmio, Piombo, Arsenico, Cromo totale, Rame, Nichel, Zinco, Idrocarburi totali, Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCV), Pesticidi Organoclorurati, sostanza organica totale, Azoto totale, Fosforo totale ed Alluminio. Tutte le analisi sono state eseguite dal laboratorio ufficiale CHIBIVET di Palermo.

Tutti i risultati delle analisi sono stati valutati sulla base del D.M. 471/99 sulla bonifica dei siti inquinati e ritenuti entro i limiti di legge.

L'unico elemento che pur rientrando entro i limiti ha mostrato un valore più elevato è stato il Piombo (0,009 mg/kg). Tale elemento si ritiene dovuto al rilascio di sostanze delle antivegetative dei natanti presenti in porto.

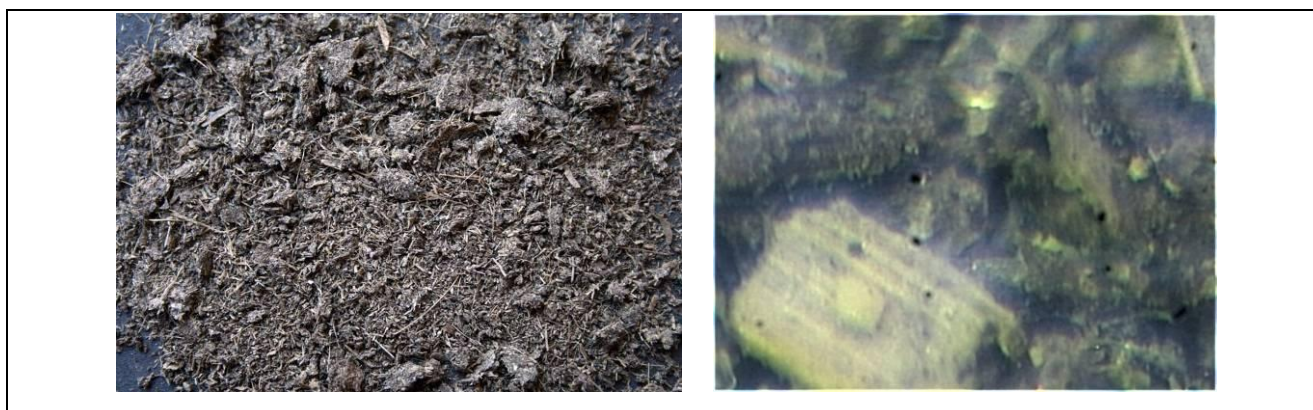
Sulla base dei prelievi eseguiti nel corso dell'esecuzione del più recente Piano di caratterizzazione e come da prescrizioni del protocollo ICRAM APAT, viene di seguito esposta la descrizione macroscopica e mineralogica dei campioni più superficiali di sedimento.

Le foto sono state eseguite in macro digitale, mentre le foto allo stereomicroscopio sono state acquisite digitalmente mediante ripresa elaborata al fine di ridurre i problemi di focalizzazione ad ingrandimento progressivo.

Le immagini dei campioni sono state eseguite a visione normale e ingrandita a 7,5x 25x e, ove necessario, a 50x ritenute sufficienti a dare conto di quanto osservato e descritto. Per quanto riguarda la geologia si rimanda alla relazione specifica.

Campione 1107210142 punto prelievo A4/1A.profondità 0,00 – 0,20 mt

Il campione appena prelevato si presenta di colore nero, melmoso e con odore tipico di un ambiente riducente (solforoso) derivante da decomposizione di tessuti molli. Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in massima parte da elementi vegetali di origine algale e qualche tubulo di briozoo il tutto immerso in una matrice terrigena costituita da minuti granuli. Ad un esame più dettagliato (25x) molti granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e silicei di natura organica in particolare abbondanti frammenti lamellari di molluschi ed echinodermi, segmenti di briozoi e qualche spicola di spugna. Infine a 50x sono visibili minutissimi cristalli di quarzo tipicamente ialini e cristalli di calcite di colore bianca, di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite diffusamente presente al di sotto dei limi di genesi palustre e talvolta affiorante.



Campione 1107210132 punto prelievo A4/4A.profondità 0,00 – 0,20 mt

Il campione, abbastanza simile al precedente, appena prelevato si presenta di colore nero, melmoso e con odore tipico di un ambiente riducente (solforoso) derivante da decomposizione di tessuti molli. Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in massima parte da elementi vegetali di origine algale e qualche tubulo di briozoo il tutto immerso in una matrice terrigena costituita da minuti granuli. Ad un esame più dettagliato (25x) molti granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e silicei di natura organica in particolare abbondanti frammenti lamellari di molluschi ed echinodermi, segmenti di briozoi e qualche spicola di spugna. Infine a 50x sono stati osservati anche foraminiferi della specie *Globorotalia* oltre che i minutissimi cristalli di quarzo tipicamente ialini e cristalli di calcite di colore bianca, di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite diffusamente presente al di sotto dei limi di genesi palustre e talvolta affiorante.



Campione 1107210138 punto prelievo A4/2A. profondità 0,00 – 0,20 mt

Il campione, abbastanza simile al precedente, appena prelevato si presenta di colore nero, melmoso e con odore tipico di un ambiente riducente (solforoso) derivante da decomposizione di tessuti molli. Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in massima parte da elementi vegetali di origine algale il tutto immerso in una matrice terrigena costituita da minuti granuli. Ad un esame più dettagliato (25x) molti granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e silicei di natura organica in particolare abbondanti frammenti lamellari di molluschi ed echinodermi, segmenti di briozoi e qualche spicola di spugna. Infine a 50x sono stati osservati minutissimi cristalli di quarzo tipicamente ialini e cristalli di calcite di colore bianca, di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite diffusamente presente al di sotto dei limi di genesi palustre.



Campione 1107210149 punto prelievo A3 A profondità 0,00 – 0,20 mt

Il campione appena prelevato si presenta di colore grigio molto scuro, melmoso e di odore tipico di un ambiente riducente (solforoso). Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in massima parte da elementi vegetali di origine algale e con una presenza diffusa di foraminiferi soprattutto bentonici. La matrice terrigena è meno abbondante che nei casi precedenti ma è sempre costituita da minuti granuli. Ad un esame più dettagliato (25x) molti granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e silicei di natura organica in particolare abbondanti frammenti lamellari di molluschi ed echinodermi, segmenti di briozoi e qualche spicola di spugna. Infine a 50x sono stati osservati i cristalli di quarzo e cristalli di calcite di colore bianca più grossi che nei casi precedenti e meglio formati, anch'essi di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite qui diffusamente presente ed affiorante.



Campione 1107210146 punto prelievo A4 3A profondità 0,00 – 0,20 mt.

Il campione, appena prelevato si presenta di colore grigio molto scuro, melmoso e di odore tipico di un ambiente riducente (solforoso). Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in da elementi vegetali di origine algale e con una presenza diffusa di foraminiferi e lamellibranchi sia interi che in frammenti. La matrice terrigena è abbondante rispetto ai campioni precedenti sempre costituita da granuli di taglia maggiore. Ad un esame più dettagliato (25x) i granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e di quarzo oltre che silicei di natura organica. Infine a 50x sono stati osservati abbondanti porzioni di cristalli di quarzo e cristalli di calcite di colore bianca più grossi che nei casi precedenti e meglio formati, anch'essi di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite diffusamente presente.



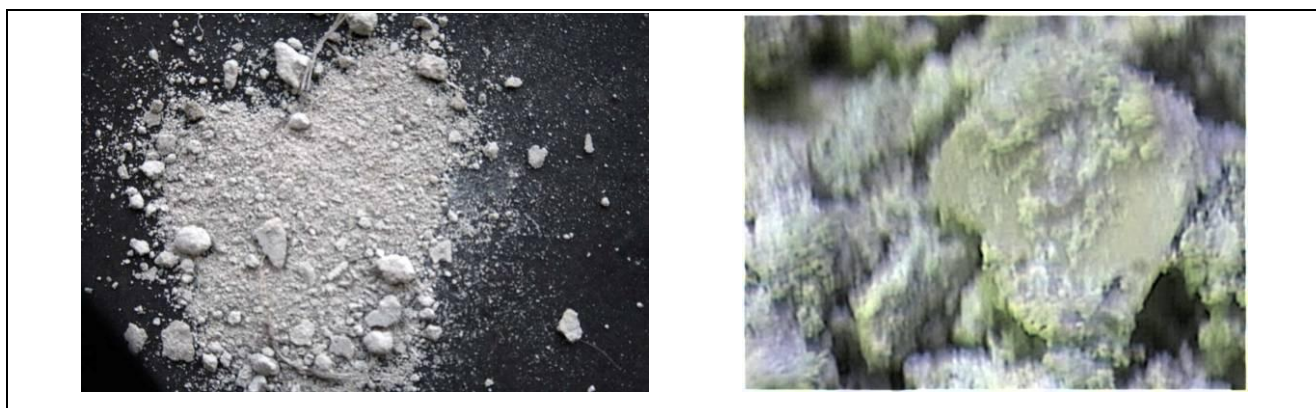
Campione 1107210125 punto prelievo A1/1A. profondità 0,00 – 0,10 mt

Il campione, appena prelevato si presenta di colore nero, melmoso e con odore tipico di un ambiente riducente (solforoso). Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta costituito in massima parte da elementi vegetali di origine algale il tutto immerso in una matrice terrigena costituita da minuti granuli. Ad un esame più dettagliato (25x) molti granuli sono costituiti da frammenti carbonatici e silicei di natura organica in particolare abbondanti frammenti lamellari di molluschi ed echinodermi, segmenti di briozoi e foraminiferi bentonici. Infine a 50x sono stati osservati diffusi cristalli di quarzo tipicamente ialini e cristalli di calcite di colore bianca, di genesi inorganica probabilmente derivanti dalla disgregazione dei terreni superficiali in particolare della calcarenite diffusamente presente al di sotto dei limi di genesi palustre.



Campione 1107210129 punto prelievo A1/2A. profondità 0,00 – 0,20 mt

Il campione, appena prelevato si presenta di colore grigio molto chiaro, plastico ed inodore. Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta bianco farinoso costituito in massima parte da una matrice costituita da minuti granuli di carbonato sfarinato, probabile risultato di processi di alterazione della calcarenite e occasionali resti di vegetali e lamellibranchi. Ad un esame più dettagliato (25x) frammisti alla matrice bianca si osservano frammenti di gusci, qualche foraminifero e frammenti carbonatici e silicei di natura inorganica a spigoli arrotondati. Infine a 50x si osserva la matrice di alterazione di materiali carbonatici che incrostanto i pochi resti di conchiglie e inorganici.



Campione 1107210124 punto prelievo A2 profondità 0,00 – 0,50 mt

Il campione, appena prelevato si presenta di colore marrone chiaro, sciolto e con un leggero odore di ambiente riducente. Dopo asciugatura, al microscopio (7,5x) si presenta granulare senza una matrice costituito in massima parte da granuli di natura essenzialmente carbonatica di genesi sia organica che inorganica. Occasionalmente sono presenti elementi silicei di natura organica.

Ad un esame più dettagliato (25x) si osservano molti foraminiferi bentonici e qualche platonico e frammenti carbonatici e silicei di natura inorganica a spigoli arrotondati. L'osservazione a 50x conferma quanto osservato.



Quanto analizzato, riflette sia la geologia che l'ambiente che insistono nell'ambito portuale. Nel settore del molo di levante e del molo di sopraflutto, la presenza diffusa di resti di vegetazione algale indica chiaramente un ambiente attivo ma con dinamiche di ricoprimento veloci ad opera dei sedimenti fini che, con il seppellimento dei materiali organici, portano all'instaurazione di un ambiente fortemente riducente. Tali ricoprimenti però sono anche interrotti da sedimenti depositatisi in ambiente subaereo.

Il settore della estremità del molo Colombo, sembra interessato in modo piuttosto limitato da elementi organici probabilmente a causa della esposizione che condiziona l'impostazione di vegetazione algale.

Per ciò che riguarda i campioni prelevati nel settore A1, interno alla diga di sopraflutto, i dati indicano un settore più interno con vegetazione algale in ambiente riducente, mentre nel settore più esterno il campione appare molto ossigenato ma con pochi resti organici indice di probabile attività di moto ondoso in accordo con quanto rilevato per il campione A2 sul molo Colombo.

8. CONCLUSIONI

Da quanto sopra esposto, si ritiene che vi siano le condizioni ottimali per il riutilizzo dei materiali di dragaggio nei siti di destinazione individuati, senza particolari accorgimenti.

Nel presente elaborato sono stati ripresi i dati geologici e ambientali esposti in precedenza nel progetto definitivo con l'indicazione dei singoli documenti da cui attingere per eventuali approfondimenti.

Già nei documenti redatti precedentemente, inseriti nella documentazione ambientale, era stata individuata la tipologia di dragaggio da adottare, che, nel presente, viene maggiormente focalizzata come anche vengono forniti alcuni dati volumetrici e cronologici e temporali delle operazioni da condurre.

Si precisa che la tipologia di materiale da dragare e il suo stato geotecnico ed ambientale hanno condizionato ed indirizzato le scelte progettuali verso le soluzioni proposte. Infatti la tipologia dei materiali, stante alle risultanze dei piani di indagine e di caratterizzazione eseguiti in fase di progetto definitivo, consente di ricollocare tali materiali senza particolari accorgimenti se non quelli di separazione del solido dalla miscela e cioè di disidratazione.

Per ciò che riguarda le tecniche di disidratazione, si è proposta una soluzione ottimale da punto di vista della ambientale curando di ridurre al minimo i contatti fra i materiali che saranno dragati e l'ambiente circostante nonostante questi siano stati classificati in una classe ad alta compatibilità ambientale. Tale accorgimento peraltro comporta diversi vantaggi non ultimo quello della riduzione di peso e del miglioramento merceologico.

E' stata anche delineata, per quanto possibile con i dati disponibili, una cronologia di lavorazione in relazione ai tempi di dragaggio.

In merito alla destinazione dei sedimenti sono state indicate sia le aree di provenienza dei sedimenti che quelle di trattamento e ricollocazione tenendo presente anche la cura della compatibilità e convergenza con gli strumenti normativi vigenti oltre che con il Progetto Pubblico inerente la Messa in Sicurezza del Porto. In tale senso sono stati anche definiti i volumi in relazione alle singole aree di destinazione.