



INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 M m³ DI SEDIMENTI IN AREA MOLO POLISETTORIALE PER LA REALIZZAZIONE DI UN PRIMO LOTTO DELLA CASSA DI COLMATA FUNZIONALE ALL'AMPLIAMENTO DEL V SPORGENTE DEL PORTO DI TARANTO

Progetto Esecutivo

PROTEZIONE E CAPPING BANCHINA DA DRAGARE

Relazione protezione e capping del piede di banchina

SCALA:

CODICE PROGETTO		CODICE ELABORATO								REV	REP
PUG102		PE	GEN	DR	00	00	RE	02	B	477	

REVISIONI	REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	B	Maggio 2016	Nota A.P. Prot. U. 0006807 22/04/2016	Studio Severini		
	A	Gennaio 2016	Emissione	Studio Severini		

Progettisti indicati - R.T.P.:

MANDATARIA

LSTT S.p.A.
ingegneria

MANDANTE

ingLuigiSeverini.studio
Ingegneria Italiana

IL PROGETTISTA



Impresa:

ASTALDI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

INDICE

	1.	PREMESSA.....	1
	2.	QUADRO PROGETTUALE GENERALE	2
2.1		FASI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE.....	2
	3.	SISTEMA DI PROTEZIONE E CONFINAMENTO AL PIEDE DELLA BANCHINA.....	4
3.1		MATERASSO DI PROTEZIONE.....	8
3.2		MATERASSINO REATTIVO.....	9
	4.	SOLUZIONE TECNICA ADOTTATA	12
	5.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	14
5.1		CALCOLO DELL'ORGANOCLAY	19
5.2		CONSIDERAZIONI SUI METALLI PESANTI	20
	6.	CONCLUSIONI	22
	7.	BIBLIOGRAFIA.....	23

1. PREMESSA

La presente relazione descrive il sistema di protezione al piede delle banchine del V sporgente e del Molo Polisettoriale, da realizzarsi nell'ambito degli Interventi per il dragaggio di 2,3 Mm³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto.

In corrispondenza delle strutture dei moli della zona da dragare, infatti, è stata prevista una fascia di rispetto entro la quale non si potrà effettuare il dragaggio al fine di non compromettere la stabilità delle strutture esistenti. Entro tale fascia non viene effettuata nessuna attività di dragaggio a meno della pulizia superficiale fino a quota imposta delle opere di scanno del cassone.

Per le verifiche geotecniche di stabilità dei moli esistenti, che hanno determinato l'ampiezza della fascia di rispetto, si rimanda alla relazione di Progetto definitivo posto a base di gara, doc. n° PUG102_PDED008_0.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

2. QUADRO PROGETTUALE GENERALE

Oggetto del presente intervento è il dragaggio dei sedimenti presenti nello specchio d'acqua antistante il molo Polisettoriale del Porto di Taranto ed in prossimità della prevista cassa di colmata, posta in radice al V Sporgente, in cui verranno refluiti e collocati i sedimenti dragati.

Il dragaggio verrà effettuato sia a fini ambientali, cioè per la rimozione dei sedimenti risultati contaminati dalla caratterizzazione ISPRA (valori di contaminazione maggiori dei limiti di intervento), sia a fini di infrastrutturazione portuale, per consentire l'attracco delle navi di ultima generazione che necessitano una profondità del fondale di circa -16.5 m s.l.m.m..

La cassa di colmata in oggetto è il primo lotto funzionale, della capacità di 2,3 Mm³, della cassa di colmata prevista in P.R.P. che ha un volume complessivo pari a circa 9 Mm³. Il primo lotto funzionale avrà una superficie di 31 ha.

Per potere accogliere i sedimenti contaminati, sebbene non pericolosi, la cassa di colmata deve presentare, ai sensi dell'art. 48 della L. 27/2012, un sistema di impermeabilizzazione, naturale o completato artificialmente, al perimetro e sul fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s per uno spessore equivalente di 1 m.

2.1 FASI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Per la realizzazione delle opere sopra descritte saranno effettuate le seguenti lavorazioni, di seguito riportate in ordine cronologico di realizzazione.

- 1- **Approntamento del cantiere** e delle strutture necessarie ad adempiere agli obblighi derivanti dai piani di sicurezza (baraccamenti, servizi, dispositivi di protezione, impianti di betonaggio, aree gestione materiali e mezzi di cantiere ecc.), costruzione delle opere necessarie alla gestione dei sedimenti e delle loro acque di risulta (due vasche di stoccaggio appositamente impermeabilizzate, impianti di trattamento dei sedimenti, impianti di trattamento delle acque, impianti tecnologici accessori).
- 2- **Dragaggio ambientale e gestione a terra dei sedimenti viola.** Si tratta in particolare dei sedimenti pericolosi, presenti nell'area antistante il molo Polisettoriale e nell'area di impronta della cassa di colmata, secondo . Rispetto a tali volumi viene previsto un accumulo temporaneo in apposita vasca di stoccaggio a terra, e relativo trattamento di disidratazione mediante filtropressatura, nonché relativa caratterizzazione e conferimento finale in discarica.
- 3- **Realizzazione della cassa di colmata**, in radice al V sporgente. Il marginamento dei due lati a terra sarà effettuato realizzando un diaframma semiplastico impermeabile, ammorsato alla formazione impermeabile di base, realizzato con pannelli in miscela cemento-bentonite, accostati e compenetrati. Il marginamento fronte mare, invece, sarà effettuato mediante vibro-infissione, anch'esso fino alla formazione impermeabile di base, di un cofferdam composito con giunti impermeabilizzati costituito da pali e diaframmi in acciaio;



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

impermeabilizzati i giunti, il marginamento verrà completato sul lato Est da un cordolo di calcestruzzo armato in testa, predisposto ad accogliere le strutture di banchina. Saranno anche realizzate le opere idrauliche accessorie della cassa di colmata e necessarie all'allontanamento delle acque di esubero e al loro controllo ed eventuale trattamento.

- 4- **Dragaggio dei sedimenti rossi, gialli e verdi**, presenti nella calata antistante il molo Polisettoriale e nel relativo bacino di evoluzione sia a fini di bonifica che di approfondimento dei fondali. I sedimenti dragati saranno refluiti in cassa di colmata in cui saranno gestiti in modo da minimizzare il contenuto di solidi sospesi nelle acque di esubero, che, in caso di superamento dei livelli di torbidità, saranno avviate ad apposito trattamento.

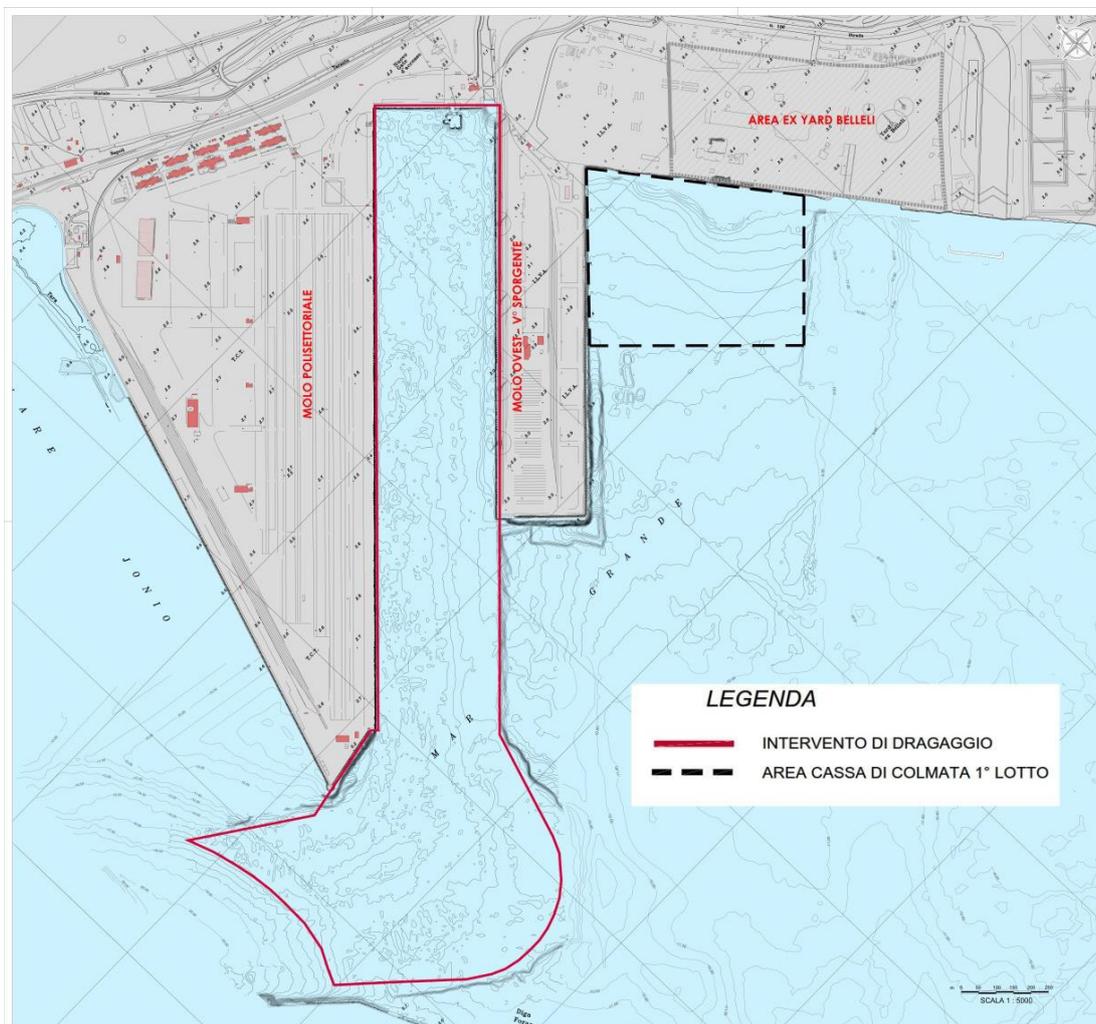


Figura 1 - Area di intervento (dragaggio e cassa di colmata)

3. SISTEMA DI PROTEZIONE E CONFINAMENTO AL PIEDE DELLA BANCHINA

Il progetto esecutivo prevede, congruentemente con il PD, il dragaggio dei sedimenti dell'area del molo polosettoriale del porto di Taranto in 6 fasi distinte per zone e tipologie di attività da realizzare. (vedi elaborati di PD PUG102_PDEG023a e PE PUG102PEGENDR0000PL04A)

Nell'ultima parte, la cosiddetta fase 6, è previsto il dragaggio ambientale a -15,50 m nella zona della radice del molo.

La caratterizzazione effettuata dall'ISPRA nel piano di gestione dei sedimenti del 2009, effettuata con metodi geostatistici, (vedi elaborati grafici di PDEG008 a/b/c/d riportati nelle successive figure), ha evidenziato la presenza di livelli contaminati anche al di sotto di queste quote, anche se in prevalenza si tratta di sedimenti caratterizzati come gialli o verdi.

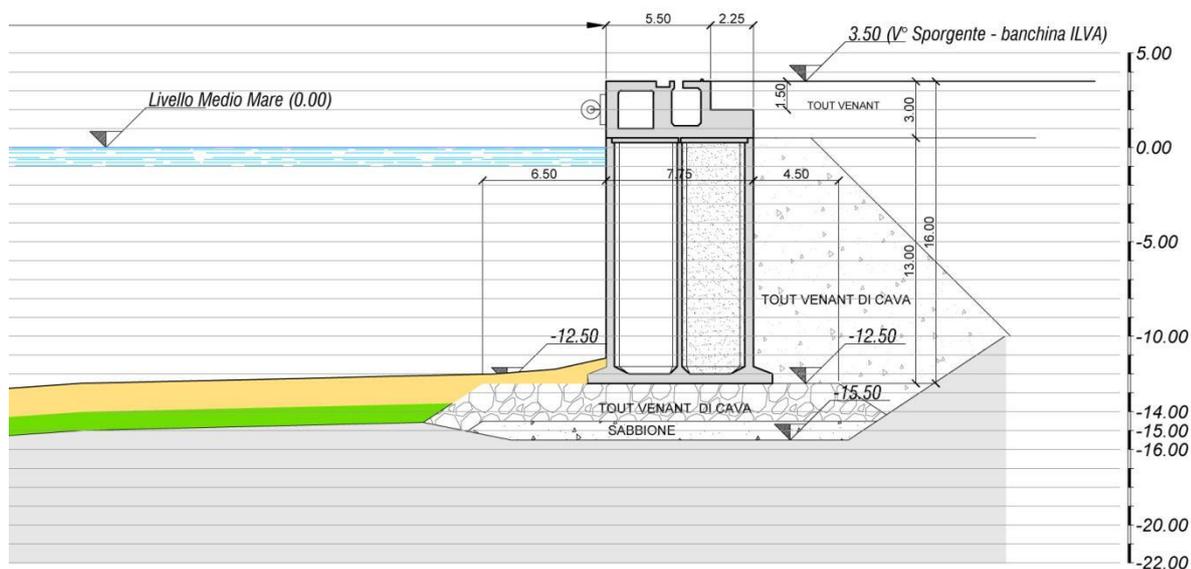


Figura 3-1 - Stato di fatto Molo V Sporgente

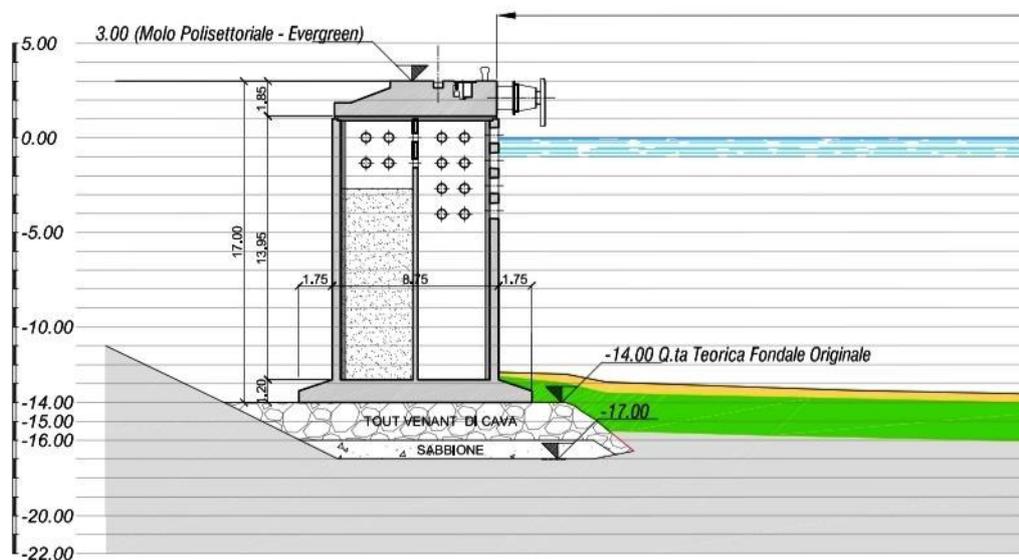


Figura 3-2- Stato di fatto Molo Polisetoriale

Per effettuare la bonifica in alcune zone, quindi, il dragaggio dovrebbe essere spinto al di sotto della quota del piede cassone interessando la berma di fondazione con ripercussioni sulla stabilità degli stessi, esponendo tra l'altro la berma al rischio di scalzamento dei massi da parte delle draghe o dalla navigazione nella darsena del molo polisetoriale.

In corrispondenza delle strutture dei moli si è verificato che non è possibile effettuare lo scavo di dragaggio sia ambientale che ai fini portuali, al piede dello scanno di fondazione dei moli medesimi.

Dalle verifiche tecniche fatte in sede di approvazione del progetto definitivo richieste dal CSLP, e riportate nell'elaborato "relazione geotecnica doc. PUG102PDED0080 (capitolo 10) è stata valutata una fascia di rispetto di 20 m dal filo dei cassoni del Polisetoriale e di 15 m da quella del V Sporgente entro le quali effettuare solo il dragaggio ambientale alle quote di -14,50m e -12,50m.

Lungo queste fasce non sarà possibile la rimozione di tutto il sedimento contaminato (verdi e gialli). Al fine di garantire comunque un "capping" dei sedimenti inquinati si è prevista la posa in opera di un sistema di protezione permeabile a barriera reattiva che confini i sedimenti e protegga il piede del molo dall'erosione.

Da quanto esposto il dragaggio nell'area di sottobanchina del molo polisetoriale verrà effettuato lungo la fascia dello scanno di fondazione posto a quota - 14.50m, secondo la sagomatura riportata nella seguente figura 3.3 e negli elaborati grafici di Dragaggio e sottobanchina del Molo V Sporgente verrà effettuato alla quota del basamento dello scanno di fondazione posto a quota - 12.50 m, secondo la sagomatura riportata nella seguente figura 3.4..

Nelle figure seguenti si riporta la planimetria delle aree interessate dall'intervento e le sezioni con indicazione delle aree interessate dall'intervento e lo schema di utilizzo del sistema combinato.

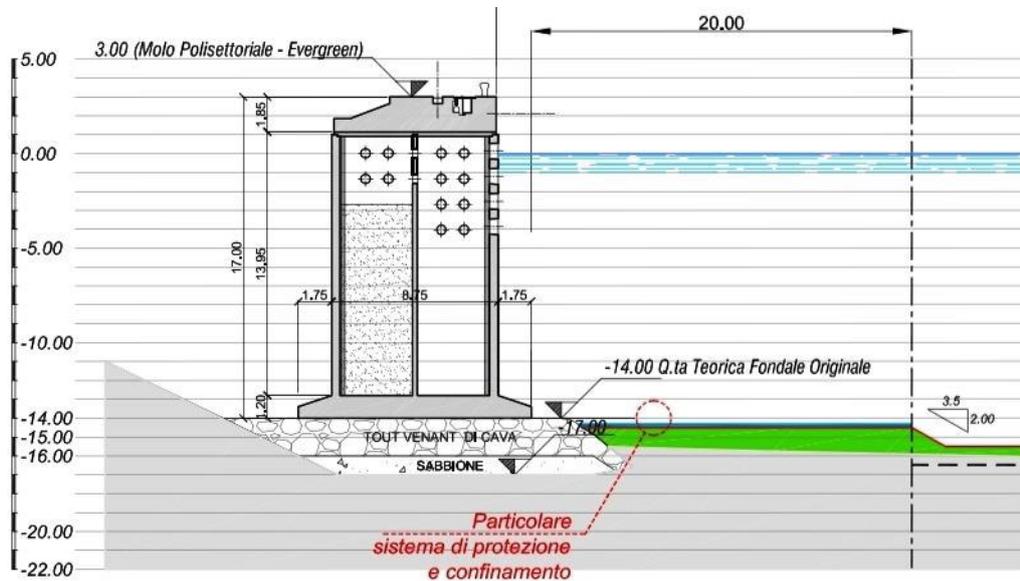


Figura 3-3- – Interventi sotto banchina lato Polisetoriale

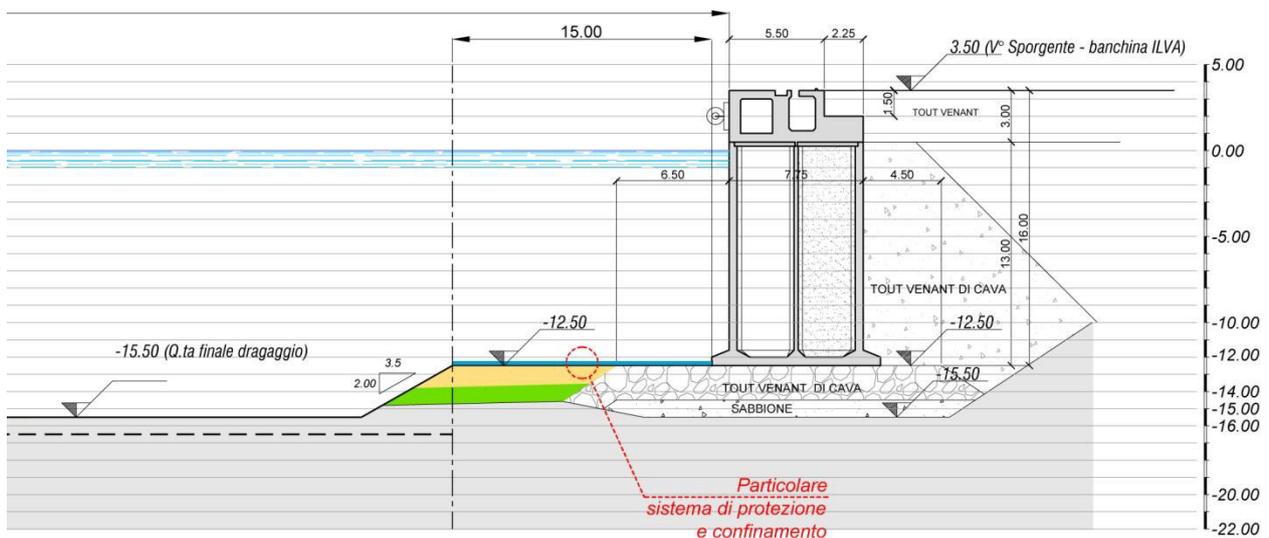


Figura 3-4- – intervento sotto banchina V Sporgente

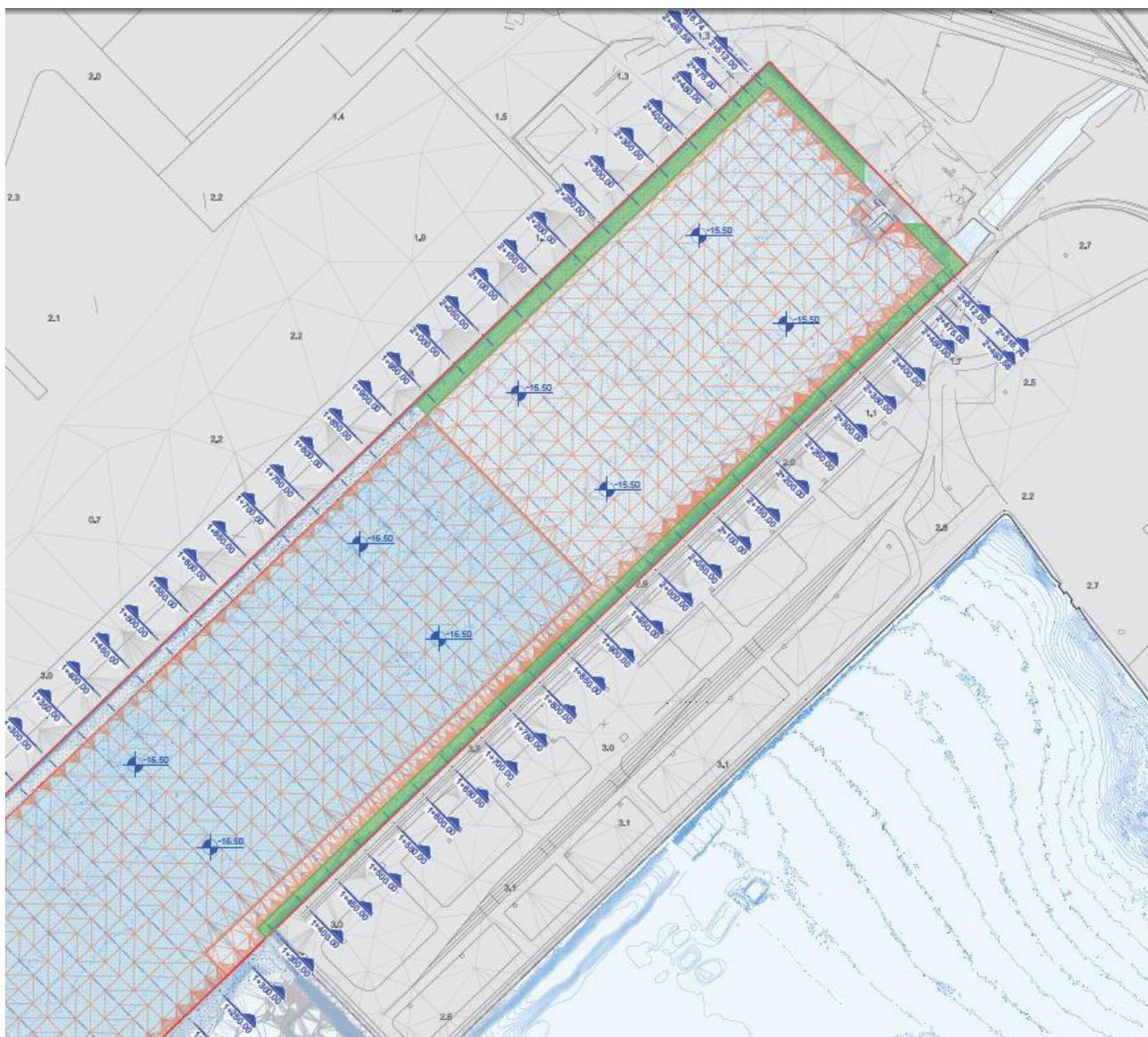


Figura 3-5: planimetria di applicazione della protezione in verde

Il sistema di protezione è costituito da un materassino reattivo e un materasso di protezione in gabbionate metalliche.

La funzione del materasso in gabbionata, quindi, è sia quella di protezione del sottostante materassino reattivo, sia di difesa dell'opera costituente il molo; il materasso infatti protegge il piede della banchina dall'azione erosiva causata dalla circolazione portuale, limitando lo scalzamento del piede medesimo che potrebbe causare l'instabilità dell'opera di accosto.

Il sistema composto previsto vede la combinazione di due sistemi:



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

- il materasso di protezione in gabbionate metalliche con maglie a doppia torsione e filo non minore di 2,7mm riempito di inerti, per la protezione all'erosione;
- il materassino reattivo, a base di argilla organica (tipo Organoclay) per l'azione di barriera ai contaminati.

3.1 MATERASSO DI PROTEZIONE

Il materasso di protezione (tipo RENO) è costituito da una rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, tipo 8x10 cm, tessuta con filo d'acciaio 2.2/3.2 mm, protetto con Galmac (lega eutettica Zn-Al 5%) e un ulteriore rivestimento polimerico ad elevate prestazioni, sono prodotti in accordo con il regolamento 305/2011 /ex. Direttiva Europea 89/106/CEE). Il materassino è inoltre conforme alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con parere nr. 69-2013 e con UNI EN 10233-3:2013 e provvisti di marcatura CE in conformità con ETA-09/0414.

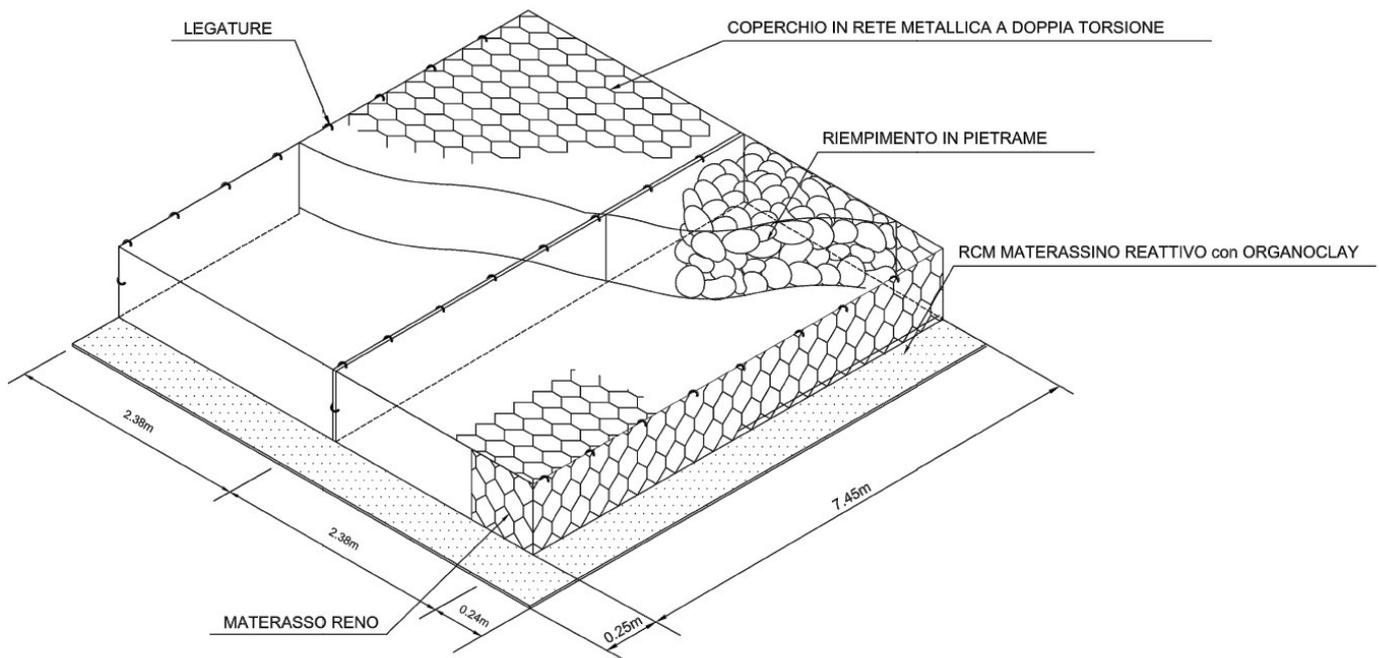
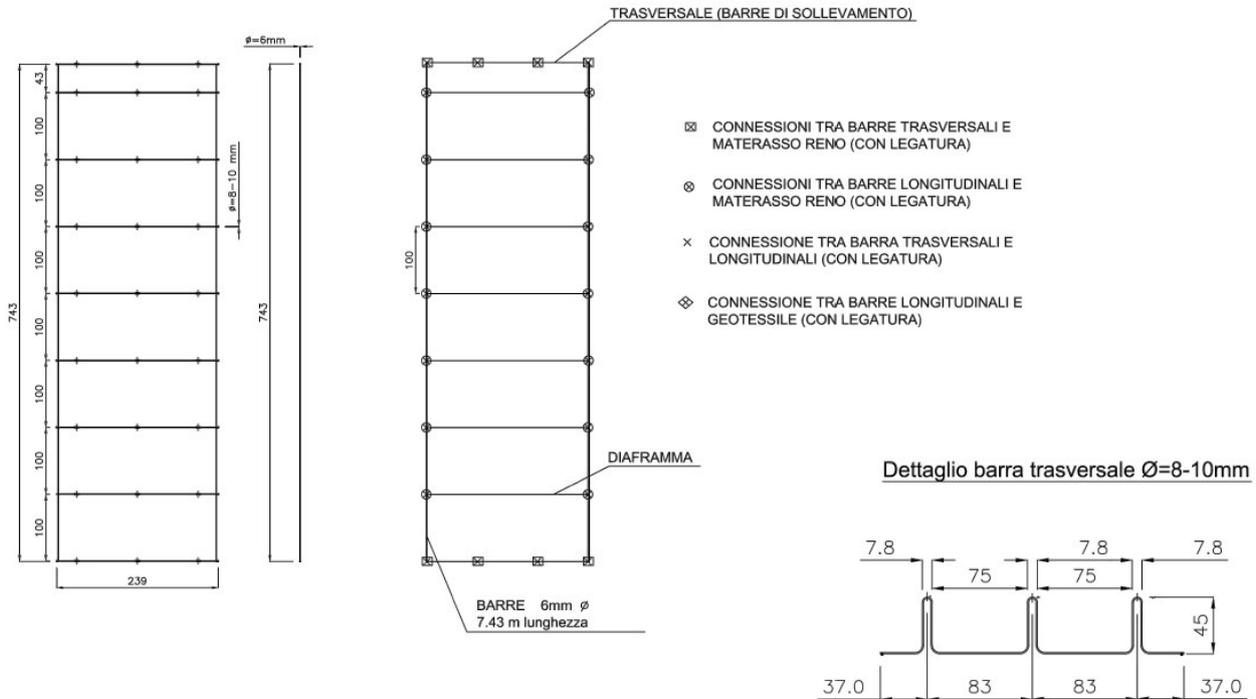


Figura 3-6- – schema materasso di protezione

Il sistema che unisce il Materasso tipo Reno e il geotessile, quest'ultimo descritto nel paragrafo seguente, è illustrato nell'immagine che segue:

Dettaglio 4

CONNESSIONE TRA LE BARRE LONGITUDINALI E TRASVERSALI, MATERASSO RENO E GEOTESSILE



3.2 MATERASSINO REATTIVO

Il Progetto Esecutivo ha individuato nella soluzione tecnica RCM (Reactive Core Mattress) la soluzione idonea al contenimento e trattamento dei sedimenti dragati nell'intervento in oggetto al porto di Taranto.

L'RCM (Reactive Core Mattress) viene utilizzato per il trattamento subacqueo in situ di sedimenti contaminati e di sedimenti residuali post-dragaggio. Esso costituisce un materiale reattivo che tratta i contaminanti che vengono trasportati per flusso diffusivo. Il geotessile fornisce inoltre benefici aggiuntivi quali la stabilità e l'isolamento fisico, limitando la ridiffusione del sedimento.

RCM è una soluzione tecnica completamente differente da una normale bentonite sodica. Infatti, la bentonite sodica forma una barriera impermeabile per il contenimento dei sedimenti (si pensi ai classici GCL utilizzati nelle discariche). Il principio fisico alla base di tali prodotti è la capacità di assorbire le molecole d'acqua, rigonfiando la struttura lamellare della bentonite stessa. La conducibilità idraulica di un GLC è solitamente dell'ordine di 10⁻¹¹-10⁻¹³ m/s a seconda del contenuto di argilla montmorillonitica e della presenza o meno di membrane. RCM invece, è un prodotto completamente differente, è caratterizzato da una conducibilità idraulica maggiore, solitamente 10⁻³ m/s paragonabile a quella della sabbia, e dalla proprietà intrinseca di captare gli ioni delle sostanze inquinanti trattenendoli all'interno della propria massa senza però subire alcun processo di rigonfiamento come nel caso precedente.

Caratteristiche e vantaggi



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

- Permette di mettere in opera il materassino reattivo in condizioni di correnti elevate e fondali profondi;
- La struttura combinata garantisce la flessibilità ai cedimenti differenziali e alle forze erosive.

Organoclay è il nome generico delle argille modificate mediante reagenti chimici organici in modo da modificarne le proprietà chimiche ed il comportamento. Organoclay è un prodotto di sintesi ed è quindi possibile utilizzare diversi tipi di argille e di reagenti chimici organici per realizzarne varie tipologie. Nel caso in oggetto è di interesse l'Organoclay realizzata con ammine quaternarie. Questo tipo di prodotto è il più comunemente conosciuto e si riferisce alla maggior parte delle argille chimicamente modificate presenti sul mercato. Nello specifico, viene utilizzata l'argilla bentonitica, minerale costituito da particelle di forma lamellare riunite in pacchetti legati da forze elettrochimiche, con dimensioni medie inferiori a $2\mu\text{m}$.

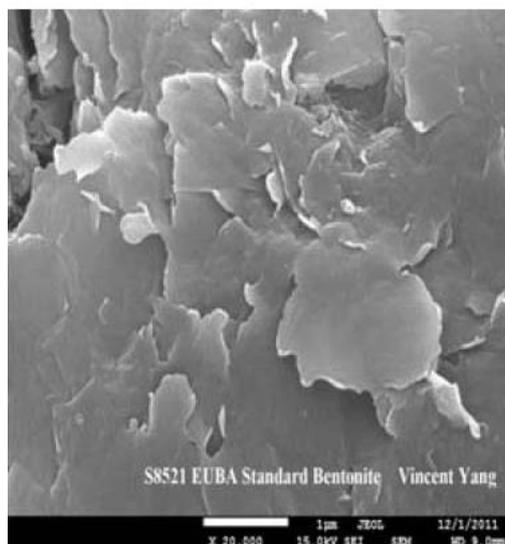


Figura 3-7: Ingrandimento al microscopio delle lamelle di bentonite

Le particelle di bentonite sono elementi che per loro stessa natura chimica sono affini alle molecole dell'acqua ed in caso di contatto le lamelle della bentonite si disperdono e si legano con tali molecole. In presenza di idrocarburi le molecole della bentonite risultano essere neutre e rimangono tra loro associate senza creare alcun legame. Attraverso un processo chimico specifico è possibile modificare la superficie delle lamelle della bentonite invertendone il comportamento rendendole affini non più alle molecole dell'acqua, ma bensì alle molecole degli idrocarburi. Le ammine quaternarie sono materiali tensioattivi con cui è possibile modificare la superficie delle lamelle di argilla ma il risultato finale è fortemente influenzato dal tipo di bentonite sottoposta al processo di trasformazione. In base alle caratteristiche iniziali della bentonite cambiano: i tipi di tensioattivi scelti, la quantità necessaria per il processo di trasformazione, e la metodologia di trasformazione stessa.

Le argille Organoclay possono essere utilizzate in diverse modalità:

- Attraverso dispersione dell'Organoclay direttamente nel corpo idrico da trattare;
- Per alterare la viscosità degli idrocarburi, permettendo l'utilizzo di fluidi a base oleosa al posto di fluidi a base acquosa per il raffreddamento delle attrezzature di scavo per alte profondità;

- Come elemento attivo nei polimeri (al momento in cui sono fusi) per prevenire la diffusione di gas nel polimero stesso;
- Per l'assorbimento di sostanze organiche in genere

L'Organoclay può essere utilizzata come elemento per il controllo e la depurazione di contaminanti organici (scarichi oleosi delle navi/pozzi petroliferi) e anche di liquidi organici come i pesticidi. Organoclay rappresenta in questi casi una barriera anti contaminante installabile sia a terra che sotto l'acqua.

Durante il 2014 Maccaferri e CETCO hanno condotto studi di laboratorio per valutare il grado di efficacia di Organoclay nel trattamento degli inquinanti organici. I test condotti sono stati realizzati sul marker COD indicatore generale dell'inquinante presente nei sedimenti. I risultati ottenuti hanno evidenziato che Organoclay è in grado di ridurre il parametro COD quindi l'utilizzo di tale prodotto come nucleo dei Materassi Reattivi è in grado di assorbire la parte organica dell'acqua proveniente dai sedimenti inquinati utilizzati.

Effettuando studi comparativi tra i siti Mar Piccolo e Porto di Taranto, è possibile evidenziare un'uniformità degli inquinanti presenti nei due siti e, pertanto, il buon esito degli studi condotti è senz'altro da ritenere valido anche per il caso in esame.

In merito all'efficacia dell'Organoclay RCM si rimanda quindi agli studi eseguiti dalle ditte Maccaferri e Cetco, sui fanghi presenti nel Mar Piccolo che presenta molte analogie con il caso in esame del Porto di Taranto

Tali studi sono stati condotti al fine di comprendere il comportamento ed il rendimento di depurazione dell'Organoclay a contatto con i sedimenti inquinati presenti nel Mar Piccolo. L'inquinamento organico rilevato nei sedimenti marini del Mar Piccolo deriva da anni di scarichi dell'ILVA, dalla presenza dell'Arsenale Militare e dall'apporto degli inquinanti provenienti dai fiumi afferenti al Mar Piccolo stesso. Il Mar Piccolo ed il porto di Taranto afferiscono allo lo stesso bacino idrico ed è quindi ipotizzabile pensare che vi sia una similitudine tra gli inquinanti presenti in nel porto e quelli presenti nel Mar Piccolo.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

4. SOLUZIONE TECNICA ADOTTATA

Il materasso sarà accoppiato ad un geocomposito a base di argilla organica (tipo Organoclay o equivalente) costituito da un sandwich di geotessili non tessuti in polipropilene aventi, ciascuno, una massa areica non inferiore a gr/m^2 200. In particolare il materassino reattivo viene reso solidale con il materasso in gabbioni metallici tramite legatura. La preparazione viene eseguita a terra e successivamente si effettua il varo nello specchio d'acqua. Si garantisce la sovrapposizione dei tappetini reattivi, lasciando un fianco all'estremo del perimetro di ciascuno materasso in geogriglia.



Figura 4-1: Movimentazione materassino reattivo e materasso in geogriglia

La speciale miscela a base di argilla contenuta nel geocomposito sarà del tipo granulare, permeabile ed in grado di assorbire oli ed altre sostanze dannose organiche per una massa areica non inferiore a gr/m^2 4000 ed avrà le seguenti caratteristiche minime:

Peso per unità di volume: 705-898 kg/m^3 ;

Capacità di adsorbimento degli oli: 0.5 kg di olio ogni kg di argilla organiche;

Contenuto di ammina quaternaria: 25-33% carico a 800°;

Materassino reattivo;

Peso per unità di superficie: 4.0 kg/m^2 ;

Resistenza a trazione: 400 N MARV;

Conducibilità idraulica: 1×10^{-3} cm/s minimum.

I singoli strati del geocomposito saranno assemblati mediante un sistema continuo di agugliatura meccanica tale da garantire una resistenza allo spellamento (peeling) secondo ASTM D6496 non inferiore a 400 N/10 cm ed il geocomposito, prodotto in qualità secondo le norme ISO 9001:2000, dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione nelle due direzioni non inferiore a kN/m 8.0 (EN ISO 10319); Allungamento a rottura non inferiore al 70%; Permeabilità minima non superiore a 1×10^{-5} m/sec”



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

La Tabella seguente contiene i valori di intervento, (valore limite superato il quale è necessario un intervento di bonifica e contenimento dell'inquinante), per il SIN di Taranto, definiti da ISPRA nel documento "rif. ICRAM doc. # CII-Pr-PU-TA-valori.intervento-01.04".

NUMERO CAS	PARAMETRI	VALORI DI INTERVENTO
	Metalli	mg/kg s.s
7440-38-2	Arsenico	20
7440-43-9	PP Cadmio	1,0
7440-47-3	Cromo totale	70* 160**
7439-97-6	PP Mercurio	0,8
7440-02-0	P Nichel	40* 100**
7439-02-1	P Piombo	50
	Rame	45
	Zinco	110
	Composti Organostannici	µg /kg s.s
PP	Tributilstagno (Σ mono. di e tributil)	70 (Sn)
	Policiclici Aromatici	µg /kg s.s.
PP	IPA totali	4000
50-32-8	PP Benzo(a)pirene	760
120-12-7	P Antracene	245
206-44-0	P Fluorantene	1500
91-20-3	P Naftalene	390
	Pesticidi	µg /kg s.s.
309-00-2	Aldrin	5
319-84-6	PP Alfa esaclorocicloesano	1
319-85-7	PP Beta esaclorocicloesano	1
58-89-9	PP Gamma esaclorocicloesano lindano	1
	DDT	5
	DDD	5
	DDE	5
60-57-1	Dieldrin	5
	Diossine e Furani	µg /kg
	Sommat PCDD,PCDF e PCB diossina simili(T.E.)	30 X 10 ⁻³
133-63-63	PCB	µg /kg
	PCB totali	190

Q per sedimenti con frazione pelitica ≤ 20 %
 () per sedimenti con frazione pelitica > 20 %

Tabella 1

Tali valori sono stati individuati a partire da riferimenti internazionali e nazionali, oltre che dai risultati delle caratterizzazioni eseguite nel sito.

Il valore di intervento per i PCB è pari a 190 µg/kg s.s La sommatoria degli IPA totali è riferita ai 16 singoli IPA ritenuti significativi e pericolosi sotto il profilo ambientale (Acenaftene, Acenaftilene, Antracene,

Benzo(k)fluorantene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Fluorantene, Fluorene, Indeno (1,2,3-cd)pirene, Naftalene, Fenantrene e Pirene).

Il valore dei PCB è riferito alla sommatoria di una selezione di alcuni congeneri ritenuti significativi sotto il profilo sanitario ed ambientale

Per quanto riguarda la valutazione degli inquinanti nel Porto di Taranto, si rimanda al "Piano di Gestione dei Sedimenti" predisposto da ISPRA nel 2009 sotto il profilo sanitario ed ambientale Per quanto riguarda la valutazione degli inquinanti nel Porto di Taranto, nell "Piano di Gestione dei Sedimenti" predisposto da ISPRA nel 2009 si legge:

"...Le indagini chimiche eseguite nell'area in esame hanno evidenziato uno stato di contaminazione rilevante dovuto principalmente alle elevate concentrazioni di composti organici, come IPA ed Idrocarburi Pesanti, e ad alcuni metalli (Mercurio, Rame e Arsenico)..." La contaminazione riguarda in modo particolare le aree oggetto della presente progettazione: darsena polisettoriale e area di ampliamento del V sporgente. *"...Gli IPA totali mostrano concentrazioni molto elevate, anche superiori, in alcune aree, al limite definito nella Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06. In particolare i superamenti della Colonna B interessano prevalentemente i primi 2 metri di spessore di sedimento indagato... dell'area di ampliamento del V sporgente ...ed i primi 50 cm di spessore dell'area più interna della Darsena Polisettoriale..."* *"...la massima concentrazione, pari a 1490 mg/kg s.s., è stata determinata nello strato superficiale dell'area di ampliamento del V sporgente. Si osservano inoltre numerosi superamenti del valore di intervento che interessano, nello strato più superficiale, la quasi totalità della Darsena Polisettoriale e l'area di ampliamento del V sporgente. Negli strati più profondi emerge una maggiore localizzazione delle aree interessate ai superamenti del valore di intervento che, nello strato più profondo (200-250 cm) interessano la sola area di ampliamento del V sporgente. Per quanto riguarda i composti organici, gli esiti della caratterizzazione hanno presentato diversi superamenti del valore di intervento dei PCB totali; i superamenti della Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06. interessano gli strati superficiali della parte interna della Darsena Polisettoriale e dell'area di ampliamento del V sporgente, dove si spingono fino allo strato 150-200 cm. in una parte molto ristretta e vicina alla costa. Nella medesima area sono stati evidenziati superamenti della Colonna B per i PCB totali limitatamente allo strato 100-150 cm."*



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx



Figura 5-1: Livelli di tossicità dei sedimenti Molo Polisettoriale V Sporgente

Anche le campagne successive a quella del 2009 hanno rilevato valori che superano i valori limite della Colonna B sia per IPA che PCB soprattutto nel primo metro di sedimenti.

I volumi dei sedimenti con valori di inquinanti al di sopra dei limiti di intervento (gialli, rossi e viola) determinati dalle analisi ISPRA sono riportati nella Tabella seguente.

Volume di sedimento (m ³)	Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06	Col. B 152/06 < concentrazioni < 50 mg/kg PCB s.s.	Concentrazioni > 50 mg/kg PCB s.s.
0-50 cm	236 819	46 481	1 987
50-100 cm	92 131	21 605	0
100-150 cm	16 281	2 315	0
150-200 cm	186	0	0
200-250 cm	0	0	0
250-300 cm	0	0	0
TOTALI	345 417	70 400	1 987
		417 804	

Tabella 2:



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

I tre colori della tabella, infatti, individuano le 3 aree con concentrazioni di inquinanti maggiori o che superano i limiti prestabiliti, definiti come segue:

“GIALLO”, i sedimenti per cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di intervento ma inferiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06;

“ROSSO”, ai fini della gestione, i sedimenti in cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06 ma inferiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (valori limite riportati nell’Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV -Titolo I e II);

“VIOLA”, ai fini della gestione, i sedimenti con concentrazioni superiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (in linea con l’Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV -Titolo I e II).

Con la successiva campagna 2011, come riportato nel documento “Relazione sullo stato della contaminazione dei sedimenti”, è stato riscontrato uno stato di contaminazione particolarmente significativa in corrispondenza di alcuni dei sondaggi effettuati, principalmente dovuta alla presenza di elevate concentrazioni di sostanze organiche e, in minor misura, di elementi metallici. I valori evidenziati nella campagna 2011 non hanno superato il limite di pericolosità come nella campagna 2009, ma sono stati rilevati valori di concentrazioni molto elevate per idrocarburi totali ed alcuni IPA, che si avvicinano a tale limite, ma non rientrano nella categoria “Viola”.

Analizzando nel dettaglio i sondaggi che maggiormente interessano l’area di intervento risultano essere S001, S002 e S003, come evidenziato nella “Relazione sullo Stato della Contaminazione dei Sedimenti”. Questi 3 sondaggi sono quelli in cui si verifica il superamento dei limiti di intervento degli inquinanti.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all’ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

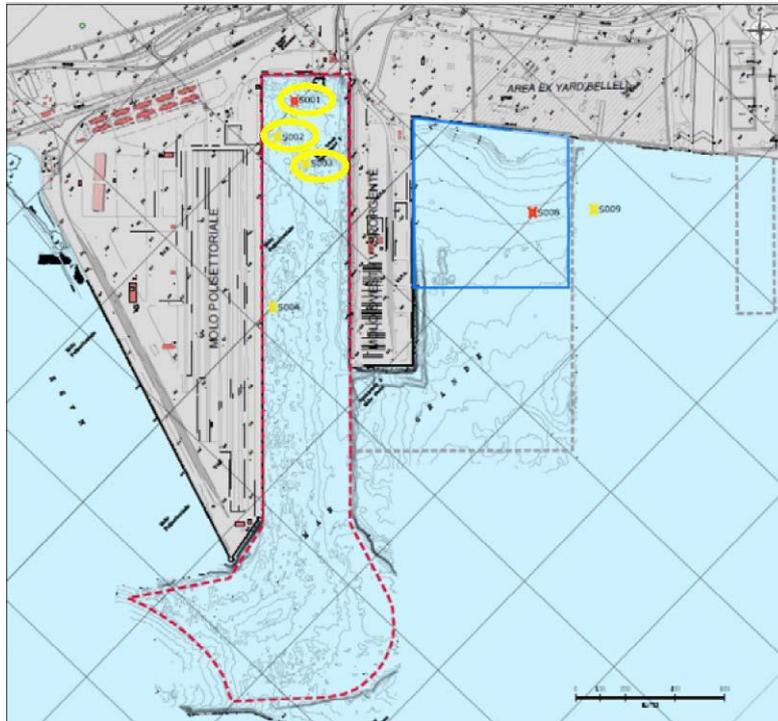


Figura 5-2:: Sondaggi rilevanti al fine dell'intervento e superamento valori consentiti inquinanti strato 0-50cm

Nel sondaggio S001, quello più prossimo allo scarico ILVA, i sedimenti sono stati classificati come “rossi”, in quanto gli idrocarburi pesanti superano il valore limite della Colonna B 750 mg/kg. In questo caso lo strato più contaminato risulta essere quello tra 150-200 cm, per il quale si hanno le massime concentrazioni di idrocarburi pesanti e di IPA. Per quanto riguarda i PCB il valore rilevato risulta compreso tra il limite di intervento e quello della Colonna B per tutti gli strati analizzati, ad eccezione del più profondo (200-250 cm). In particolare i seguenti metalli superano i valori di intervento: Zn (0-200 cm), Pb (100-200 cm); As, Cd, Cu, V (100-150 cm) e Cr (50-100 cm).

Nel sondaggio S002 sono presenti sedimenti denominati come “gialli” nei quali i livelli 0-50 cm; 100-150 cm e 250-300 cm hanno valori degli IPA compresi tra quelli di intervento e della Colonna B. I livelli restanti sono stati contrassegnati come “verdi” in quanto con livelli di inquinanti inferiori a quelli di intervento. Per quanto riguarda il sondaggio S003 il livello più contaminato da metalli pesanti e PCB è quello superficiale, compreso fra 0-50cm, con valori che superano quelli di intervento e perciò classificato come “giallo”, così come tutti gli altri strati ad eccezione del livello 150-200 cm. Per quanto riguarda il sondaggio S003 il livello più contaminato da metalli pesanti e PCB è quello superficiale, compreso fra 0-50cm, con valori che superano quelli di intervento e perciò classificato come “giallo”, così come tutti gli altri strati ad eccezione del livello 150-200 cm.

5.1 CALCOLO DELL'ORGANOCLAY

Considerando un peso specifico dei sedimenti pari a 1.800 Kg/m³, ad un 1 kg di sedimento corrisponde un volume di 5*10⁻⁴ m³. Se assumiamo cautelativamente una concentrazione di PCB per il volume totale dei sedimenti della Darsena Polisettoriale > 100 mg PCB /kg s.s., (circostanza che nella realtà non si verifica mai in quanto solo lo strato superficiale supera i limiti di concentrazione della Colonna B Dlgs 152/06, > 50 mg/kg PCB s., tutti gli altri strati hanno concentrazioni inferiori, ma maggiori dei limiti di intervento definiti da ISPRA), otteniamo un rapporto kg di PCB/m³ di sedimento pari a 0.2.

$$\frac{100 \text{ mg PCB}}{1 \text{ kg SS}} = \frac{1 * 10^{-4} \text{ kg PCB}}{5 * 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ PCB}} = 0,2 \frac{\text{kg PCB}}{\text{m}^3 \text{ SS}}$$

Considerando su tutta l'estensione dell'area della Darsena Polisettoriale uno spessore di 2m costante, che corrisponde alla massima profondità (cfr. tabella 2) alla quale si rinvergono valori superiori al limite di intervento (gialli), si ottiene un carico mdi PCB pari a:

$$0.2 \text{ Kg PCB/mc} * 2,0 \text{ m} = 0.4 \text{ Kg PCB/mq}$$

Il rapporto di assorbimento degli inquinanti cui si fa riferimento è quello fornito dalla referenze tecniche connesse al prodotto (Cetco: "Use of Organoclay in managing dissolved PCBs in contaminated sediments").

Come si può evincere dai test realizzati, infatti, 1 Kg di Organoclay può assorbire fino ad 1 Kg di PCB. Tuttavia, al fine di garantire un fattore di sicurezza a maggiore dell'ambiente, si considera dimezzato il fattore di assorbimento di Organoclay nei confronti dei PCB, per cui il materassino reattivo viene dimensionato secondo il seguente rapporto:

$$1 \text{ kg Organoclay} / 0.5 \text{ kg PCB}$$

Qualora si utilizzassero materassini reattivi (RCM) contenenti 4 kg di Organoclay al metro quadro (unico strato), si otterrebbe un fattore di sicurezza pari a 5, essendo la capacità di assorbimento 5 volte superiore a quella degli inquinanti presenti nella peggiore condizione di caratterizzazione (sedimenti inquinati fino a 2 m di profondità e massima concentrazione di PCB).

Pertanto, a conclusione di tali valutazioni, si è ritenuto di prevedere un unico strato di Organoclay RCM pari ad una massa di 4kg/mq, in grado di assicurare in ipotesi di calcolo cautelative un assorbimento ben superiore alle condizioni in sito.

Ferme restando le indicazioni di cui sopra, in ogni caso la composizione chimica dei materassini, i tempi di durata dei reagenti e la rigenerazione dei materassini sarà valutata a seguito alla caratterizzazione del fondo scavo e all'analisi della qualità dei sedimenti e degli inquinanti eventualmente rimasti in situ, in accordo con l'ARPA Puglia cos' come prescritto dall'art. 8 del Decreto di Compatibilità Ambientale n. 80 del 20/02/2014 emanato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle attività Culturali e del Turismo.

5.2 CONSIDERAZIONI SUI METALLI PESANTI

Dopo avere analizzato il comportamento di Organoclay nei confronti degli inquinanti organici (PCB), di seguito sono riportate alcune valutazioni relative ai metalli pesanti presenti nei sedimenti. La seguente formula, nota in letteratura, permette di stimare il tempo impiegato da un agente inquinante per attraversare una certa distanza nota:

tempo di migrazione (s) = $\frac{\text{lunghezza del percorso (cm)}^2}{6 \text{ coefficiente di diffusione (cm}^2 \text{ s}^{-1})}$

Il coefficiente di diffusione è un parametro che tiene conto della velocità con cui una molecola si diffonde in un mezzo. I metalli presenti nel sito Darsena Polisettoriale in esame sono risultati essere: Zn, Pb, As, Cd, Cu, V, Cr e facendo riferimento agli studi di Internò, Lenti e Fidelibus (2004: "Laboratory experiments on diffusion and sorption of heavy metals in a marine clay") in cui vengono trattati sedimenti nell'area industriale del Mare di Taranto, i coefficienti di diffusione per alcuni di questi metalli risultano pari ai valori riportati in Tabella seguente:

Species	$Dd^* \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$	Rf
Cd ²⁺ (MS)	8.8	23.7
Cr ³⁺ (MS)	6.4	28.7
Cu ²⁺ (SS)	1.7	9.4
Cu ²⁺ (MS)	3.1	13.7

Tabella 6

I suddetti valori sono validi per la diffusione degli inquinanti in argille marine (nello specifico sedimenti del Mare di Taranto). Quindi analizzando la situazione in cui gli inquinanti in esame si muovano nei primi 2 metri di sedimento, si ottengono, per i vari strati, i seguenti valori del tempo di migrazione, con un coefficiente di diffusione assunto pari a quello del Cd²⁺.

È stato scelto lo ione Cadmio in quanto elemento con coefficiente di diffusione più elevato,

Livello 0-50cm		
	tempo	l [cm]
secondi	4.734.848.485	50
anni	150	
Livello 50-100 cm		

	tempo	l [cm]
secondi	18.939.393.939	100
anni	601	
Livello 100-150 cm		
	tempo	l [cm]
secondi	42.613.636.364	150
anni	1351	
Livello 150-200 cm		
	tempo	l [cm]
secondi	75.757.575.758	200
anni	2402	

Tabella 7

In considerazione del fatto che i tempi di migrazione dei metalli pesanti sono dell'ordine delle centinaia di anni, non si ritiene necessario adottare per questi ultimi ulteriori accorgimenti.

In ogni caso Organoclay pur non avendo un'azione diretta sul trattamento dei metalli pesanti, agisce nel tempo come barriera creando uno strato a bassa permeabilità.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica descrive il sistema di protezione al piede delle banchine della darsena del molo polisettoriale, interessate dal dragaggio del porto di Taranto.

Durante il 2014 Maccaferri e CETCO hanno condotto studi di laboratorio per valutare il grado di efficacia di Organoclay nel trattamento degli inquinanti organici. I test condotti sono stati realizzati sul marker COD indicatore generale dell'inquinante presente nei sedimenti. I risultati ottenuti hanno evidenziato che Organoclay è in grado di ridurre il parametro COD quindi l'utilizzo di tale prodotto come nucleo dei Materassi Reattivi è in grado di assorbire la parte organica dell'acqua proveniente dai sedimenti inquinati utilizzati.

Effettuando studi comparativi tra i siti Mar Piccolo e Porto di Taranto, è possibile evidenziare un'uniformità degli inquinanti presenti nei due siti e, pertanto, il buon esito degli studi condotti è senz'altro da ritenere valido anche per il caso in esame.

Considerando le concentrazioni di inquinanti organici presenti nei sedimenti e la capacità di assorbimento di Organoclay il contenuto di Organoclay di un singolo strato di RCM (4 kg/m²) risulta essere sufficiente al trattamento degli inquinanti presenti.

I metalli pesanti, invece, presentano tempi di migrazione all'interno dei sedimenti marini in esame molto elevati, tali da rendere trascurabile nella vita utile dell'opera il loro comportamento.

Ferme restando le indicazioni contenute nel presente documento, in ogni caso la composizione chimica dei materassini, i tempi di durata dei reagenti e la rigenerazione dei materassini sarà valutata a seguito alla caratterizzazione del fondo scavo e all'analisi della qualità dei sedimenti e degli inquinanti eventualmente rimasti in situ, in accordo con l'ARPA Puglia cos' come prescritto dall'art. 8 del Decreto di Compatibilità Ambientale n. 80 del 20/02/2014 emanato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle attività Culturali e del Turismo.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx

7. BIBLIOGRAFIA

- Petrov, R., and Rowe, R. ~1997. “Geosynthetic clay liner ~GCL— Chemical compatibility by hydraulic conductivity testing and factors impacting its performance.” *Can. Geotech. J.*, 34, 863–885
- ISPRA 2012 “Interventi per il dragaggio di 2.3 Mm³ di sedimenti in area molo polisettoriale per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata polifunzionale all’ampliamento del V sporgente del porto di Taranto. Piano di gestione dei sedimenti”
- Cetco: “Use of Organoclay in managing dissolved PCBs in contaminated sediments”
- Interò, Lenti; Fidelibus 2004: “Laboratory experiments on diffusion and sorption of heavy metals in a marine clay”
- Anna, D. H., *Chemical Protective Clothing*, 2nd edition, American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, 2003.
- Forsberg, K., and L. H. Keith, *Chemical Protective Clothing Performance Index*, Wiley, New York, NY, 1999.
- Forsberg, K., and S. Z. Mansdorf, *Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing*, 5th edition, Wiley, Hoboken, NJ, 2007.
- MACCAFERRI E GETCO - Studio sui fanghi del MAR PICCOLO



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all’ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione protezione e capping del piede di banchina

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
477B.docx