



## INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 M m<sup>3</sup> 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

## MARGINAMENTO A TERRA

### Relazione tecnica illustrativa

SCALA:

CODICE PROGETTO		CODICE ELABORATO								REV	REP
PUG102		PE	STR	MT	00	00	RE	01	B	464	

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

Progettisti indicati - R.T.P.:

MANDATARIA



MANDANTE

ingLuigiSeverini.studio  
Ingegneria Italiana

IL PROGETTISTA



Impresa:



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

INDICE

	<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
	<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA E GEOTECNICA ....</b>	<b>2</b>
	<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>5</b>
	<b>4</b>	<b>TECNOLOGIA ESECUTIVA DEL CUTTER SOIL MIXING ..</b>	<b>8</b>
	<b>5</b>	<b>TECNOLOGIA ESECUTIVA DEL DIAFRAMMA PLASTICO</b>	<b>11</b>
	<b>COMPOSITO</b>		
5.1		CARATERISTICHE DEI MATERIALI E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	13
	<b>6</b>	<b>FRANTUMAZIONE E DISGREGAZIONE DEL TERRENO.</b>	<b>14</b>
	<b>7</b>	<b>CAMPO PROVE.....</b>	<b>16</b>
	<b>8</b>	<b>MISCELE PLASTICHE .....</b>	<b>18</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra l'opera di marginamento a terra della cassa di colmata.

Per poter accogliere i sedimenti contaminati, infatti, sebbene non pericolosi, ai sensi dell'art. 5 bis della Legge 84/1994 la cassa di colmata deve presentare un sistema di impermeabilizzazione naturale o artificiale, 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  $\geq 1$  m.

Per garantire tali caratteristiche, sui lati a mare si è previsto, come descritto negli altri elaborati di progetto, la realizzazione di una struttura in acciaio costituita da monopali e diaframmi.

Per i due lati a terra, invece, il marginamento della cassa di colmata sarà realizzato secondo le modalità e le caratteristiche già indicate dal Progetto Definitivo e costituito cioè da un diaframma impermeabile semiplastico dello spessore di 1 m e ammorsato per almeno 2 m nella formazione impermeabile di base (argille in facies grigio azzurra), realizzato con tecnologia CSM (Cutter Soil Mixing). Tale soluzione viene prevista per altezze di diaframmi plastici fino ad un massimo di 23,50 m, limite operativo di applicazione per tale tecnologia.

Oltre tale profondità è prevista la realizzazione di un diaframma composito da 600 mm di spessore scavato a benna mordente e con membrana in HDPE, previa frantumazione dello strato superiore a mezzo di trivella ad elica continua (CAP) del diametro di 1000 mm attrezzata con mordenti in acciaio; tale soluzione garantisce requisiti di impermeabilità superiori a quelli richiesti ( $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$  m/s per uno spessore  $\geq 1$  m).



Autorità Portuale di Taranto  
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup>  
di sedimenti in area Molo  
Polisetoriale e per la realizzazione di  
un primo lotto della cassa di colmata  
funzionale all'ampliamento del V  
Sporgente del Porto di Taranto

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data: 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

## 2 CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA E GEOTECNICA

Come evidenziato dai sondaggi in situ (T1 e T18), è stata adottata la seguente stratigrafia con i seguenti parametri di resistenza:

1) da p.c. a -20 m: TERRENO DI RIPORTO – costituito da ciottoli e blocchi sub-angolari di varie dimensioni di natura calcarea e scorie di loppa in matrice sabbiosa-ghiaiosa;

$$\gamma = 20.5 \text{ kN/mc}$$

$$c' = 0.0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 38^\circ$$

2) da -8.5 m a -22 m: LIMO ARGILLOSO;

$$\gamma = 18.5 \text{ kN/mc}$$

$$c' = 0.0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22^\circ$$

3) da -20 m a -28 m: SABBIE e GHIAIE;

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/mc}$$

$$c' = 0.0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

4) da -28 m: ARGILLA GRIGIO AZZURRA;

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/mc}$$

$$c' = 24 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 27^\circ$$

Il deposito fangoso viene assimilato all'acqua.



### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

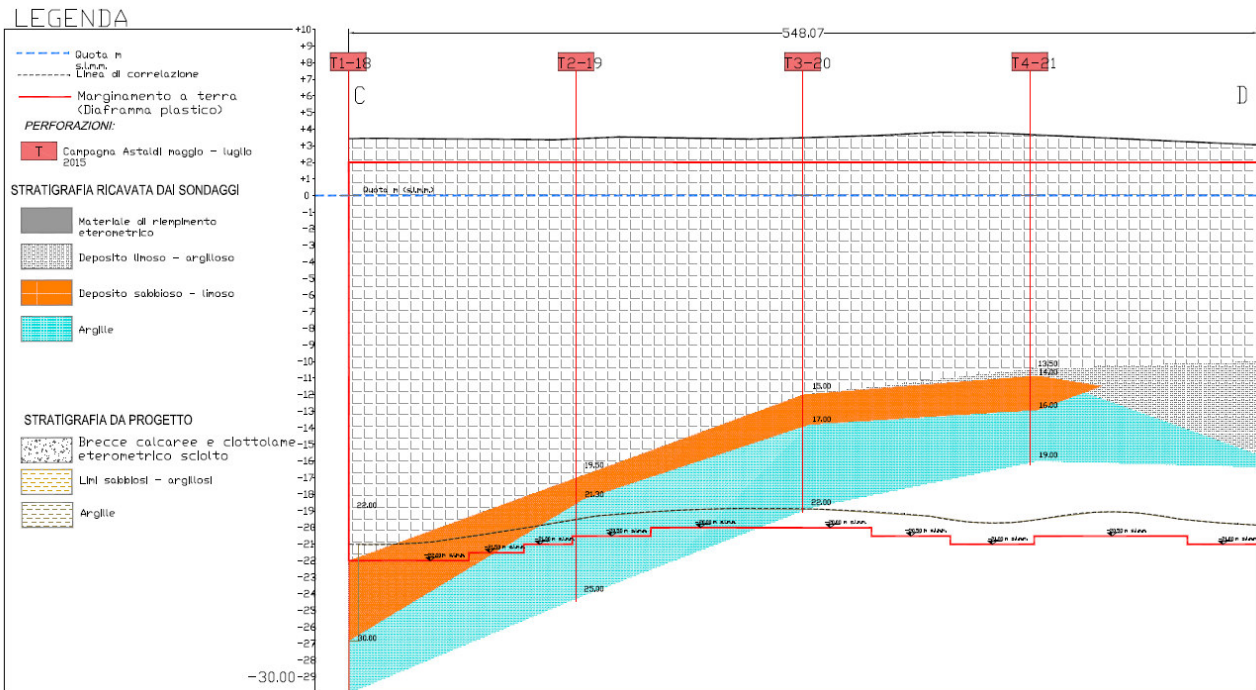


Figura 2-1: Stratigrafia di progetto

Dopo la realizzazione della chiusura completa della cassa di colmata, sia lato mare che lato terra, ai fini della compensazione delle acque di esubero durante il dragaggio è previsto uno svuotamento progressivo della cassa stessa fino alla quota batimetrica -3.00 m s.l.m.

A tal proposito è utile precisare che al marginamento lato terra è assegnata solo ed esclusivamente una funzione di conterminazione dei sedimenti e quindi “impermeabilizzante”.

Come si vede dalla figura sottostante, infatti, il marginamento a terra è costituito da diaframmi sempre immersi nel terreno, che non assolvono ad alcuna funzione di contenimento delle spinte e ai quali, pertanto, non è richiesta alcuna funzione stabilizzante.



**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc



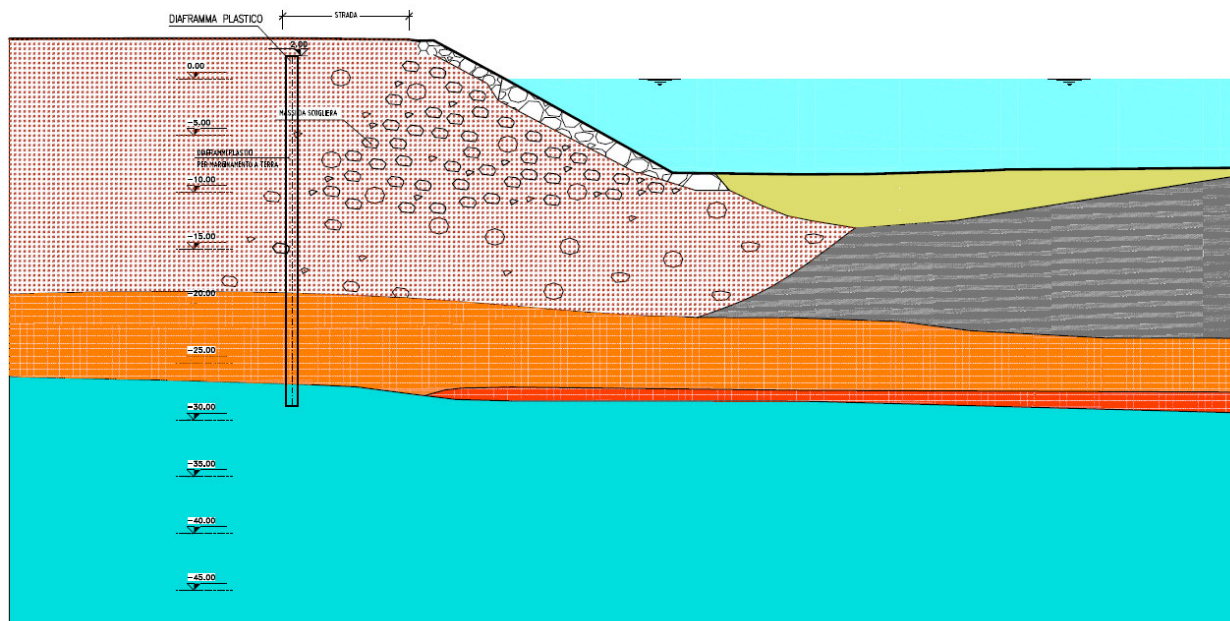


Figura 2-2: Sezione tipo della scogliera

Conseguentemente la morfologia del profilo del piano campagna attualmente stabile (la pendenza media attuale del piano campagna e fondale in rapporto alle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni interessati è tale da non determinare alcun problema), si conserverà tale anche dopo la realizzazione del diaframma verticale, senza alcuna ripercussione sulla stabilità del diaframma.

### 3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il marginamento lato terra viene realizzato lungo due allineamenti.

Il posizionamento planimetrico del marginamento a terra, rispetto a quello previsto in P.D., è stato leggermente traslato lato terra per limitare al minimo indispensabile l'interferenza con i massi della scogliera esistente ed in considerazione della nuova posizione del vertice "E" fissata da SOGESID nell'ambito del Progetto Esecutivo degli "Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli funzionale alla realizzazione della cassa di colmata c.d. "Ampliamento del V sporgente (anche in questo caso allo scopo di eliminare l'interferenza con la scogliera di protezione dello Yard Belleli)

L'arretramento dell'asse del marginamento comporta la necessità di provvedere ad alcune opere per l'eliminazione delle interferenze esistenti, ed in particolare alla rimozione/spostamento di alcuni manufatti e consistenze di proprietà ILVA, quali:

- rimozione e successivo ripristino dei binari
- spostamento delimitatori aree di stoccaggio nastri coils
- spostamento basette di stoccaggio nastri coils
- demolizione e rifacimento muri di confine ILVA

Tali opere sono illustrate in dettaglio in un apposito elaborato grafico, cui si rimanda per tutti i necessari approfondimenti. La risoluzione di tali interferenze dovrà ovviamente essere condivisa preventivamente con ILVA, attualmente Concessionario dell'area, per definire anche in dettaglio tempi, modalità, tempi e competenze degli interventi.

Il primo allineamento, denominato "D-E", lungo circa 265 m, è ubicato nell'area lungo costa prospiciente l'area ex Yard Belleli ed è realizzato con un diaframma impermeabile semiplastico dello spessore di 1 m e ammorsato per almeno 2 m nella formazione impermeabile di base (argille in facies grigio azzurra), realizzata con tecnologia CSM, come previsto già nel Progetto Definitivo.

A monte del diaframma plastico è prevista ubicata una trincea drenante che garantisce un effettivo e completo isolamento idraulico dell'area ex Yard Belleli, regolarizzando le oscillazioni idrodinamiche, inviando le acque intercettate al T.A.F.

Il diaframma verrà realizzato mediante un composto cemento-bentonite posto in opera mediante miscelazione dei terreni in situ o mediante loro sostituzione.

Il secondo allineamento denominato C2-C1-D, lungo in totale circa 560 m, è ubicato sul V Sporgente.

Partendo dal vertice D, e per una lunghezza di 410.50 m, l'opera di marginamento è costituita anche in questo caso da un diaframma impermeabile semiplastico dello spessore di 1 m e ammorsato per almeno 2 m nella formazione impermeabile di base (argille in facies grigio azzurra), realizzata con tecnologia CSM.

Procedendo verso i punti "C2-C1", per una lunghezza di 133.90 m e da "C1" a "C" per ulteriori 15.00 m, il tetto delle argille grigio-azzurre si approfondisce (v. figura seguente) ed è necessario aumentare la lunghezza dei diaframmi plastici da 24.00 m fino ad un massimo di 32,00 metri.



#### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

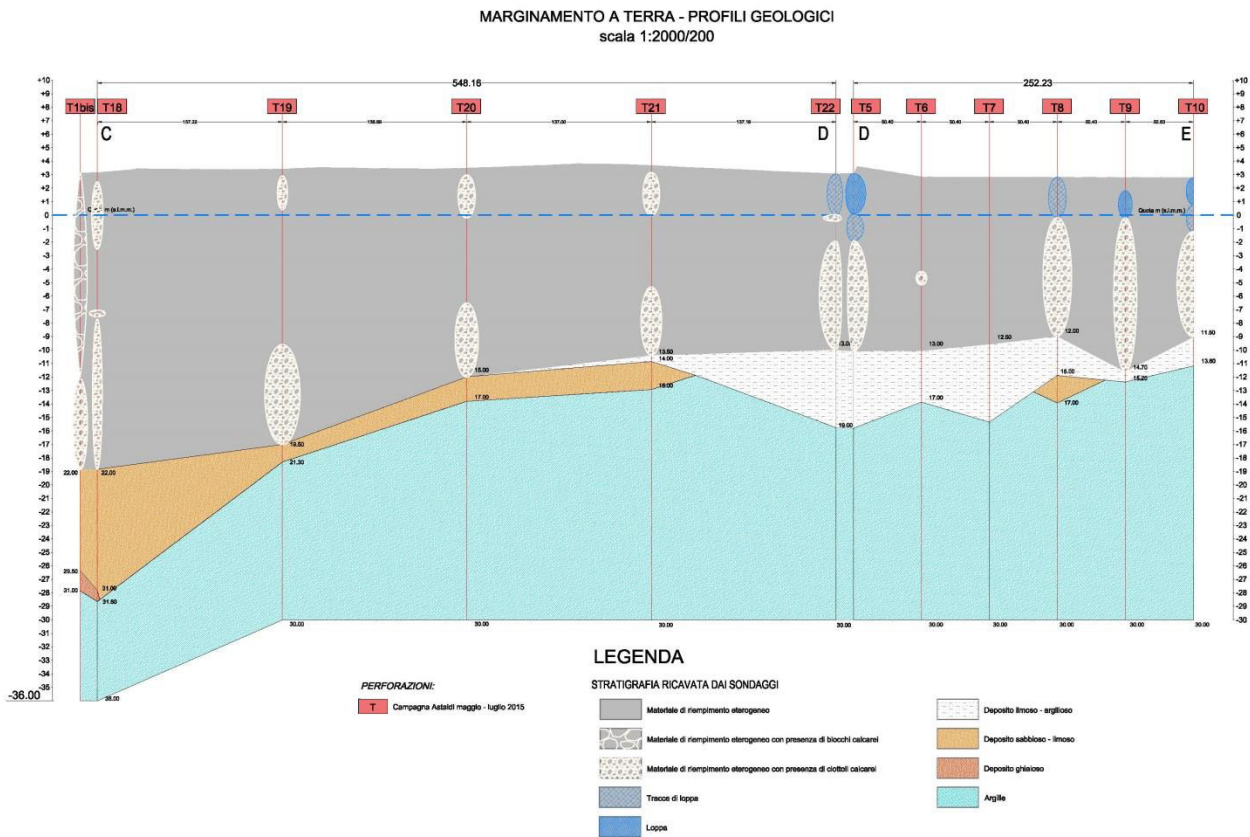


Figura 3-1: Tipologie di cutter per CSM

Tali profondità sono al limite o addirittura al di fuori dei dati tecnici teorici (Mixing Depth circa 30 m) dichiarati dai costruttori per attrezzature con frese guidate da mono-kelly (cfr. BAUER – da BG28 a BG36) in condizioni ideali e rispetto alle quali i valori operativi reali offrono garanzie d’impiego fino ad un massimo dell’80% della massima profondità dichiarata (circa 24,00 m appunto).

Oltre tale profondità risulta necessario ricorrere all’impiego di un’attrezzatura sospesa su funi (“rope suspended”), che tuttavia nel caso in esame è totalmente da escludere a causa la natura dei terreni interessati; questi ultimi infatti, per eterogeneità di consistenza e granulometria comprometterebbero la verticalità del pannello costituendo anche un serio pregiudizio rispetto al rischio di seppellimento dell’attrezzatura fresante per rotazione di quest’ultima rispetto all’asse di perforazione.

Sulla base di tali considerazioni relative ai limiti operativi di utilizzo della tecnologia con CSM, in quest’ultimo tratto è stata prevista la realizzazione di un diaframma composito scavato con benna mordente da 600 mm di spessore e con interposizione di una membrana in HDPE, previa frantumazione dello strato superiore a mezzo di trivella ad elica continua (CAP) del diametro di 1000 mm attrezzata con mordenti in acciaio.



**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc





**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

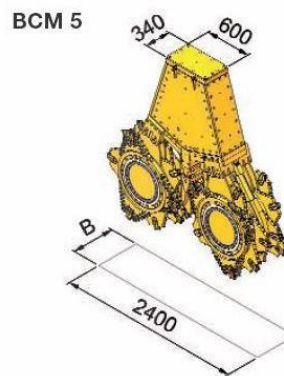
Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

## 4 TECNOLOGIA ESECUTIVA DEL CUTTER SOIL MIXING

La macchina da utilizzare per l'esecuzione dei diaframmi sarà il tipico carro cingolato attrezzato con antenna per utensile CSM. Può valutarsi al fine dell'attrezzamento della macchina il modello tipo Bauer BG 28 attrezzato con utensile di dimensioni 1000x2800.

### Cutting and mixing head BCM

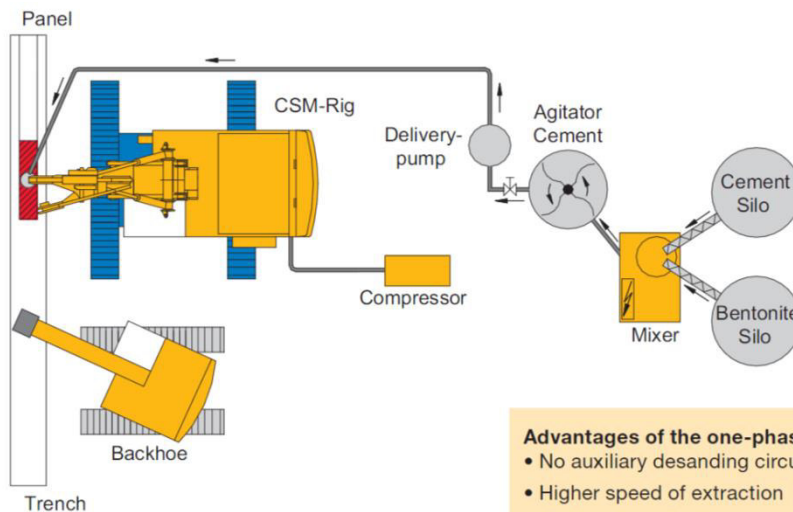


	BCM 5
Torque	0 – 57 kNm
Rotation speed	0 – 35 U/min
Height	2,35 m
Panel length	2,4 m
Panel width B	550 – 1.000 mm
Weight (with wheels) *	5.200 kg

\* at min. panel width

Figura 4-1: Tipologie di cutter per CSM

Al corpo fresante della macchina verrà connesso l'impianto di iniezione della miscela plastica confezionata dall'impianto di miscelazione e stoccaggio, costituito da un miscelatore primario, da un mescolatore secondario o agitatore e dai relativi silos per lo stoccaggio dei prodotti secchi (cemento e bentonite) e fluidi (acqua per il confezionamento della miscela plastica e fango bentonitico).



**Advantages of the one-phase system are:**

- No auxiliary desanding circuit required.
- Higher speed of extraction
- Preferred application in easy and uniform soils, depth range < 20 m

Figura 4-2: Cantiere CSM con impianto di miscelazione ed iniezione miscela plastica

La tecnica di scavo da utilizzare sarà del tipo monofluido con la miscela iniettata sia in fase di discesa che di risalita dell'utensile fresante. Questa tecnica, utilizzabile per pannelli di notevole profondità, consente, in generale, di ottenere una riduzione significativa sia del refluo atteso che dei tempi di esecuzione a vantaggio dell'omogeneità delle caratteristiche del pannello.



**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

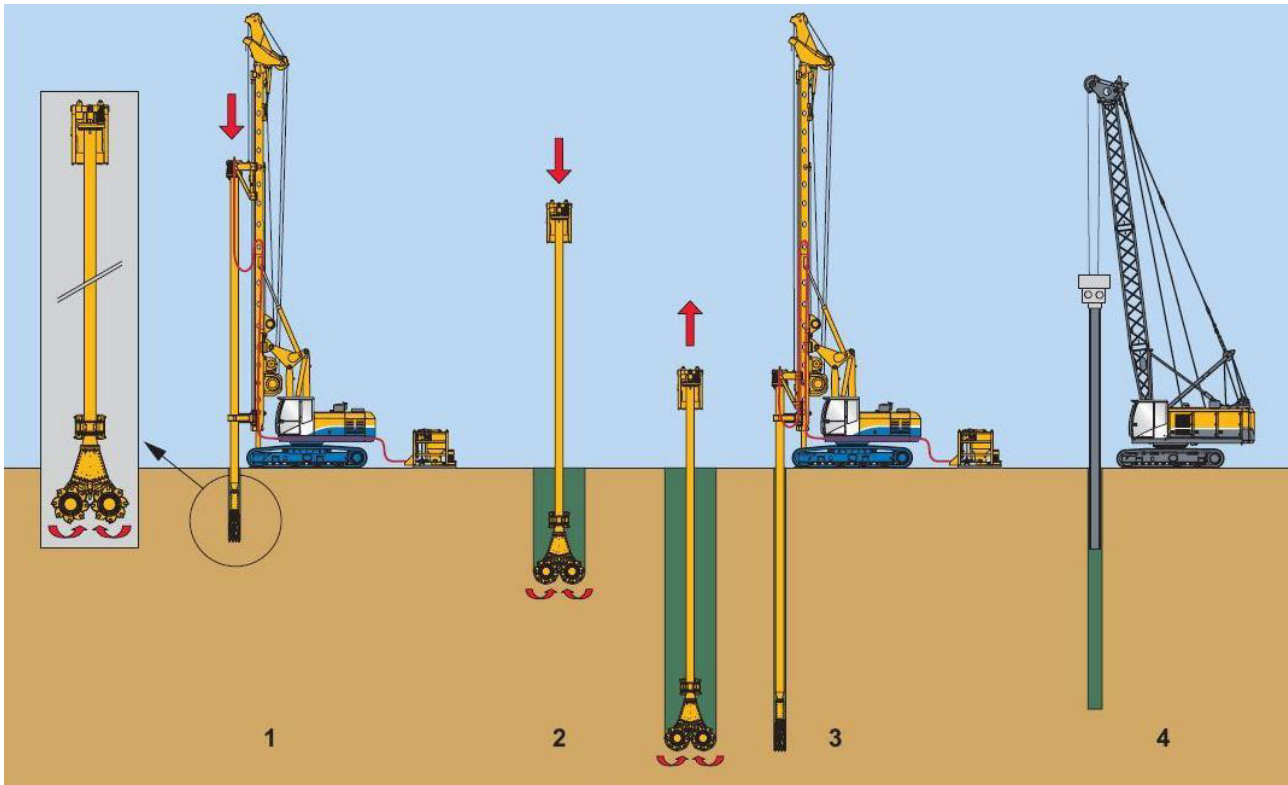


Figura 4-3: Fasi di realizzazione del Cutter Soil Mixing

La sovrapposizione tra i pannelli sarà eseguita secondo la tecnica “fresh in hard”, realizzando in una prima fase i pannelli cosiddetti primari e, in fase successiva, i pannelli secondari, garantendo una sovrapposizione minima tra i primi e i secondi di almeno 30cm. Il lasso temporale relativo alla maturazione di prima fase dei pannelli primari può essere assunto come quello necessario al raggiungimento di una resistenza a compressione minimale. Il livello di maturazione infatti, seppur da un lato dovrà garantire un buon livello di consistenza del pannello eseguito, da un altro non potrà superare un certo limite superiore che limiterebbe ovviamente l’azione di taglio e la penetrazione dell’utensile rispetto al giunto pannello primario/pannello secondario



**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

## 5 TECNOLOGIA ESECUTIVA DEL DIAFRAMMA PLASTICO COMPOSITO

In considerazione dell'impossibilità di utilizzare la tecnologia CSM a profondità superiori a 24 metri, lungo il tratto terminale del lato C-D in corrispondenza del vertice C, dove il tetto dell'argilla si rinviene a profondità fino a 30 metri, si prevede la realizzazione di diaframmi plastici composti con telo HDPE.

Il diaframma plastico verticale, infatti, si propone come soluzione ai problemi di incapsulamento e confinamento e consiste nella realizzazione di uno scavo verticale a mezzo di benna mordente seguito dal riempimento con una miscela acqua - cemento - bentonite, che abbia caratteristiche di impermeabilità. Nel caso particolare di opere di bonifica e conterminazione, ove sia assolutamente necessario impedire la dispersione nel suolo circostante o nelle acque di falda di elementi particolarmente pericolosi per l'ambiente e per la salute, si fa spesso ricorso all'inserimento nella miscela appena gettata in opera di pannelli in HDPE (sistema di impermeabilizzazione composito) che garantisce la impermeabilità della barriera, attraverso sistemi di giunzione ad incastro presaldati, di garantire continuità per tutto il fronte dell'opera, diminuendo la permeabilità globale di 1 o 2 ordini di grandezza rispetto al diaframma semplice dello stesso spessore, arrivando fino a permeabilità dell'ordine di 10-12 m/s (v. figura seguente).

Tale accorgimento si rende necessario al fine di garantire adeguati requisiti di permeabilità equivalente della barriera rispetto allo spessore ridotto del pannello di 60cm.

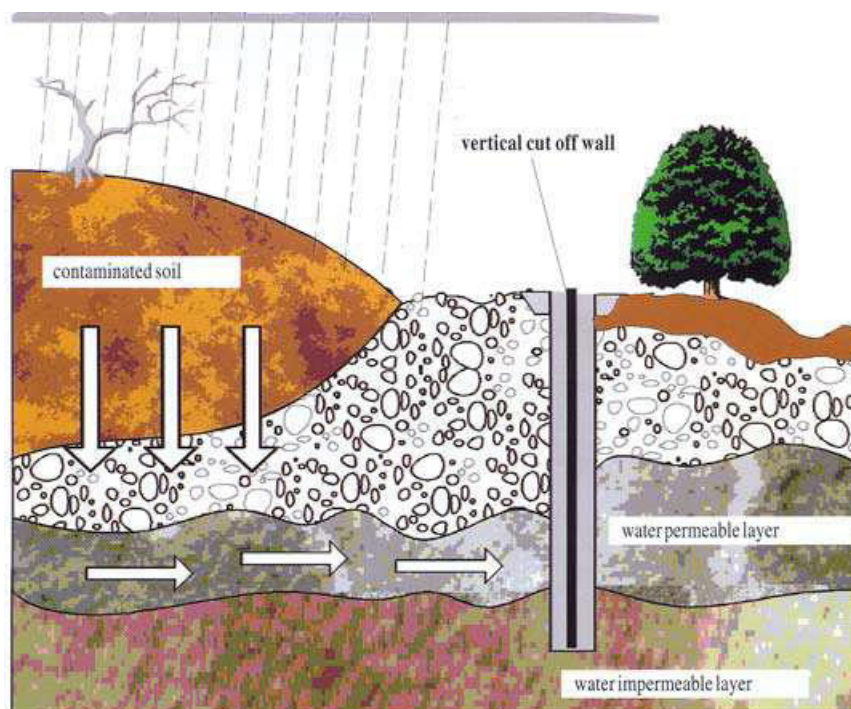


Figura 5-1: Conterminazione mediante diaframma plastico composito



### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc



La soluzione descritta è stata individuata come la più idonea nel caso in esame, in quanto in grado di assicurare massima garanzia di impermeabilità e minimizzare il volume di scavo (spessore 60 cm).

La realizzazione del diaframma plastico composito viene condotta in presenza di un fango autoindurente (solitamente cemento-bentonite) con evoluzione controllata e compatibile coi tempi di inserimento dei pannelli in HDPE che vengono letteralmente calati a gravità nella miscela in fase di indurimento (v. figura seguente).

L'inserimento del telo HDPE può avvenire con rullo o su telaio con apposito tubo spalla per il collegamento e la giunzione all'elemento adiacente.

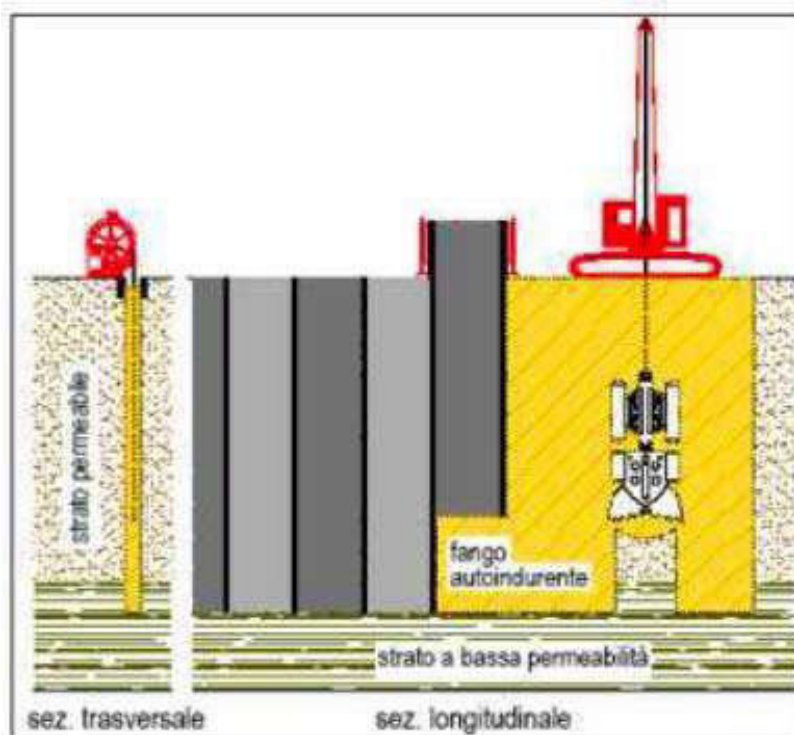


Figura 5-2: Modalità di realizzazione del diaframma plastico composito

L'esecuzione e la tenuta delle saldature dell'accoppiamento giunto/pannello, inoltre, possono essere oggetto di una serie di controlli e verifiche che ne accertano la perfetta esecuzione e tenuta:

- esame visivo su tutta la lunghezza dei giunti saldati (durante l'esame viene valutato l'aspetto delle saldature secondo quanto previsto al punto 8.2.2 normativa UNI 10567)
- prova di impermeabilità su tutta la lunghezza dei giunti saldati in funzione della tipologia del giunto realizzato (prova ad aria come previsto al punto 8.2.3.1 normativa UNI 10567)
- esame dimensionale effettuato con strumenti meccanici di misurazione (come previsto al punto 8.2.4 normativa UNI 10567) utilizzando appositi campioni prelevati dai giunti saldati trasversalmente all'asse di saldatura –un campione per ogni giunto saldato
- prova di sfogliamento, eseguita sui giunti saldati, una per giunto saldato (come previsto al punto 8.2.5 della normativa UNI 10567) ove sia possibile.

## 5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E STANDARD DI RIFERIMENTO

Le geomembrane utilizzate devono soddisfare i requisiti previsti dalla normativa UNI 8898-6 e possedere caratteristiche di stabilità dimensionale a caldo tali che la variazione dimensionale percentuale, in direzione longitudinale e trasversale, sia minore o uguale al 2%. Ai fini della normativa UNI 10567 lo spessore deve essere non inferiore a mm. 2.00 con una massa volumica compresa tra 0,940 e 0,965 g/cm<sup>3</sup>.

Ogni giunto è composto di due metà che vengono saldate alle estremità dei pannelli contigui e successivamente inserite una nell'altra, garantendo così la continuità della barriera.

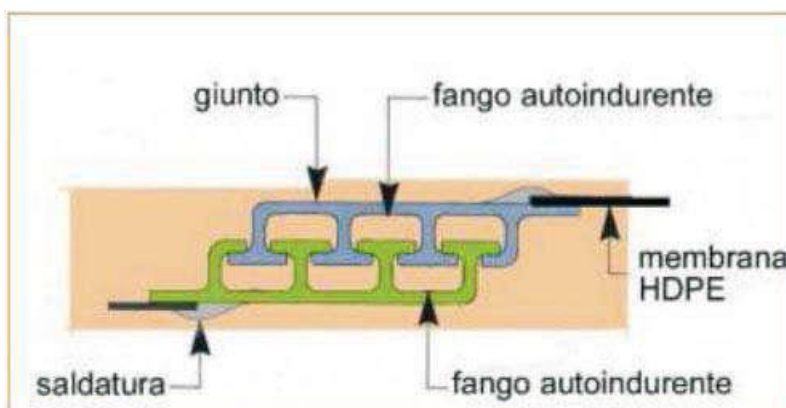


Figura 5-2: Particolare del giunto

## 6 FRANTUMAZIONE E DISGREGAZIONE DEL TERRENO

Per la bonifica e predisposizione per il successivo trattamento mediante CSM del materiale costituente lo strato di riporto antropico del V sporgente ed ex Yard Belleli, in presenza di trovanti costituiti da loppa e blocchi lapidei calcarei si prevede un prescavo di bonifica (necessario anche alla realizzazione delle corree di guida) con escavatore a braccio rovescio per i primi metri di terreno così come già indicato nel Progetto Definitivo.

Per la bonifica profonda, invece, si prevede l'impiego di una tecnica di disagregazione e frantumazione mediante perforazioni secanti con attrezzatura per pali ad elica CAP/CSP (Cased Augered/Secant Piles) di diametro 1000mm senza asportazione di terreno. Tale tecnica consente di disagregare ed omogeneizzare il materiale e di stabilizzarlo mediante iniezione dalle aste di perforazione e miscelazione in foro (in fase di perforazione e/o di estrazione) di malta cementizia.

L'utilizzo di una sonda perforatrice CAP allo scopo di frantumare e disagregare il materiale per omogeneizzarlo e renderlo maggiormente predisposto alla futura miscelazione in situ con CSM, presenta anche l'indubbio vantaggio della stabilizzazione del terreno con ulteriori benefici in termini di impermeabilità dell'elemento di conterminazione (analogamente a quanto indicato nel PD\_BG).

La soluzione descritta sarà impiegata nel tratto di diaframmi in CSM (lato D-E e prima 400 m circa del tratto C-D) solo nei tratti caratterizzati dalle profondità di scavo maggiori ed in presenza di trovanti costituiti da loppa e blocchi lapidei calcarei che possono costituire impedimento all'attrezzatura per il soil mixing.

Nei tratti di marginamento caratterizzati da elevata profondità (superiore a 24 metri) del substrato impermeabile di riferimento, invece, non trattabili con la tecnica del CSM e per i quali è previsto lo scavo del diaframma con benna mordente, al trattamento è attribuita la funzione di stabilizzazione del terreno all'intorno del foro.

Pertanto lungo l'allineamento denominato C2-C1-D è previsto l'intervento di frantumazione e stabilizzazione con perforazioni compenstrate da 1000mm secondo la geometria rappresentata negli elaborati progettuali e per l'intero spessore del terreno di riporto, in modo da realizzare un volume omogeneo e stabile di materiale all'interno del quale è inscritta la sezione rettangola del diaframma plastico composito.



### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

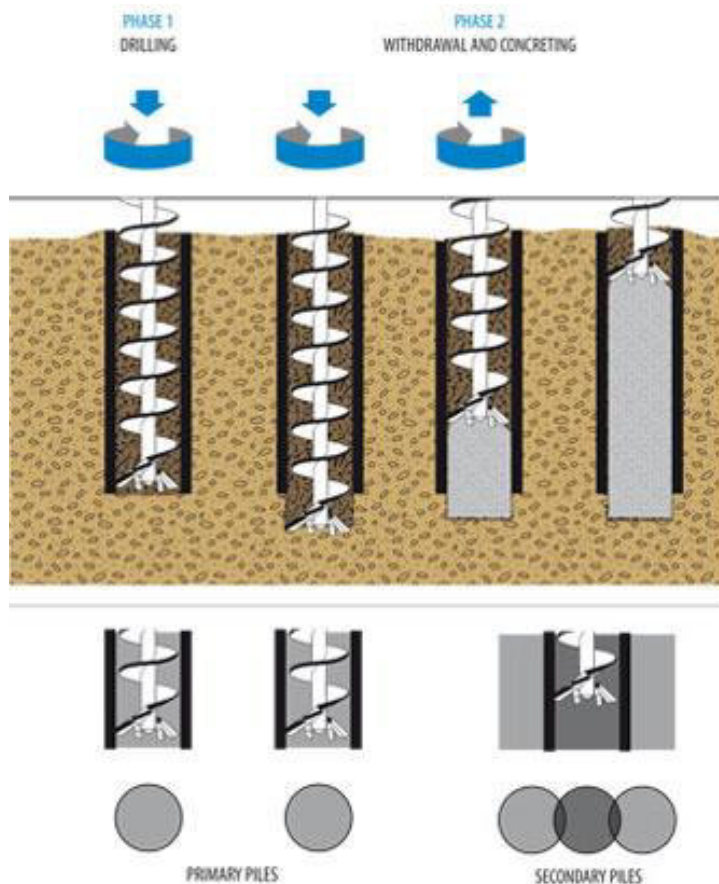


Figura 7-1: Fasi di realizzazione della perforazione di frantumazione con tecnologia CAP/CSP

## 7 CAMPO PROVE

Malgrado dall'esame delle indagini e della natura dei terreni interessati dal trattamento di soil mixing, con particolare riferimento al riporto antropico, non si possa escludere a priori l'impiego della tecnologia Cutter Soil Mixing, si ritiene indispensabile un campo prove per la verifica delle miscele e dei parametri di iniezione e la successiva validazione di questi ultimi ai fini dei requisiti di impermeabilità prescritti da ottenere ( $K \times 10^{-9}$ ).

Al di là delle difficoltà già esposte di attraversamento del cutter del CSM del materiale lapideo eterogeneo e di varia granulometria, dei trovanti calcarei e di loppa, cui si è posto rimedio efficacemente mediante la frantumazione e stabilizzazione preventiva con la perforazione CAP/CSP da 1000 mm, è comunque da tener presente che al diaframma è richiesto un valore di permeabilità al limite di quello che la tecnologia è in grado di offrire in normali condizioni operative.

In proposito si riportano i parametri indicativi di riferimento di bibliografia, che fissano valori di permeabilità mediamente di un ordine di grandezza inferiori al valore di permeabilità richiesto.

Pertanto, malgrado non si possa escludere a priori il buon esito dell'intervento, s'impone l'assoluta necessità di verificare la risposta alla miscelazione in sito dei terreni interessati, che per notevole eterogeneità di natura, dimensioni e peso degli elementi costituenti, potrebbe rendere ancor più difficoltoso il raggiungimento del valore atteso lungo tutta la verticale.

### Wall characteristics

		Cut-off wall	Retaining wall
Compressive strength $q_u$	MPa	0,5 – 2	5 – 15
Permeability $k_f$	m/sec	ca. $1 \times 10^{-8}$	
Cement $\text{kg/m}^3$ soil		100 – 200	200 – 500

Figura 7-1: Parametri usuali del diaframma plastico in CSM

Al fine di testare la riuscita della tecnica rispetto al contesto di Progetto, quindi, è stato previsto uno specifico campo prove, finalizzato, inoltre, alla messa a punto dei parametri operativi della tecnica costruttiva, del mix design ottimale per le miscele plastiche, nonché rispetto alle predisposizioni di accurati controlli sui pannelli resi e sulla relativa permeabilità intrinseca ottenuta.

Il "campo prova" verrà, infatti, articolato in due fasi distinte, ciascuna orientata ai diversi specifici scopi:

- FASE 1: realizzazione di n.2 coppie di pannelli "pilota" a geometria lineare, ubicate rispettivamente lungo l'asse del marginamento sul lato Yard-Belleli e lungo l'asse sul V Sporgente, allo scopo di validare l'effettiva riuscita della tecnica, rispetto alle diverse condizioni locali, riscontrate nell'ambito della campagna geognostica, per quanto attiene, nello specifico, alle singolarità strutturali dell'importante spessore di depositi artificiali che interessano i primi 12-22m di profondità;



#### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di  $2,3 \text{ M}^3$  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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc



- FASE 1bis: realizzazione di ulteriori n.2 coppie di pannelli “pilota” a geometria lineare, ubicate in adiacenza alle coppie di fase 1 e sulle quali verrà provato il sistema alternativo di frantumazione e bonifica;
- FASE 2: realizzazione di una geometria quadrangolare di pannelli compenetrati ai fini della valutazione della permeabilità equivalente di un sistema idraulicamente confinato, rappresentativo dell’effettivo modello di filtrazione atteso rispetto al problema in scala reale.

Entrambe le configurazioni prevedono la realizzazione dei pannelli spinti ad una profondità di circa 20m e comunque per almeno 2m all’interno delle argille grigio-azzurre consistenti.

Rispetto al campo prove a geometria lineare, i relativi pannelli CSM verranno eseguiti con differenti miscele confezionate con mix design diversificati al fine di valutare il miglior compromesso tra eseguibilità, resa del trattamento e caratteristiche meccaniche ed idrauliche del terreno trattato.

A valle quindi, della definizione del mix design più efficace, la miscela individuata potrà essere applicata al campo prove a geometria scatolare dove realizzare le prova di tenuta idraulica.



**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc

## 8 MISCELE PLASTICHE

Per quanto attiene alle caratteristiche di mix design della miscela, coerentemente con le specifiche di Progetto e di Capitolato, oltre che in linea con i tipici range operativi previsti dagli specialisti della tecnica, si prevede l'impiego con le dovute proporzioni di acqua - cemento - bentonite con aggiunta di additivo.

I prodotti utilizzati saranno:

- Cemento tipo III B 42.5 (cemento d'altoforno con alto contenuto in loppa)
- Bentonite
- Additivo disperdente deflocculante, fluidificante e riduttore di acqua libera

I rapporti ponderali utilizzati per il confezionamento potranno essere variati rispetto al confezionamento di 2 miscele tipo, valutabili rispetto ai seguenti range di variabilità del mix design:

- Rapporto C/W = 0.25-0.50
- Rapporto B/W = 5-8 %
- Rapporto Add/W = 0.5-1.0%

Per la corretta formazione della miscela si prevede di aggiungere il cemento al latte di bentonite completamente idratato (preparato con un determinato dosaggio e stoccato per la maturazione all'interno di cisterne per almeno 24 ore); l'additivo verrà frazionato in due quote, additivate parzialmente nella miscela acqua + bentonite, e, parzialmente nella miscela finale. Dal punto di vista reologico la miscela risulta lavorabile per almeno 24 ore.

Durante l'esecuzione del campo prove verranno eseguite prove sulle miscele fresche prodotte all'impianto di confezionamento in testa alla macchina. Queste consistono nella misura delle seguenti grandezze:

- determinazione della viscosità col cono Marsh a miscela ultimata (valore di riferimento  $38 \text{ s} \geq v \geq 55 \text{ s}$ );
- misura del peso di volume con bilancia Baroid (valore di riferimento  $\gamma = 1.27 \text{ g/cm}^3$ );
- misura della percentuale di acqua libera (valore di riferimento  $b \leq 2\%$  dopo 4 ore).

La messa a punto dei valori operativi della miscela saranno perfezionati quindi a valle dei risultati del campo prove, con particolare riferimento al valore di effettiva permeabilità resa da garantire rispetto ai pannelli resi.



### Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m<sup>3</sup> 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

Titolo elaborato  
Relazione tecnico  
illustrativa

Data 05/2016  
Rev. B  
c.d.c.: C296A  
464B.doc