



AUTORITÀ PORTUALE DI VENEZIA

DIREZIONE TECNICA

TERMINAL AUTOSTRADALE DEL MARE PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA INFRASTRUTTURE PORTUALI PER IL TERMINAL CABOTAGGI IN AREA EX ALUMIX A FUSINA



PROGETTO DI BONIFICA

VENICE RO-PORT MOS

CONCESSIONARIO: VENICE NEW PORT S.C.p.A.

AMMINISTRATORE DELEGATO:
Piergiorgio Baita

DIRETTORE TECNICO:
dott. ing. S. Pastore

INTERVENTI PREVISTI SULLE ACQUE

CONSULENZA:



THETIS S.p.A.
dott. A. Barbanti

CODICE PROGETTO

90112.000

CODICE ELABORATO

A.4

PROGETTAZIONE:

NUOVA FUSINA
INGEGNERIA

dott. ing. G. Zanovello

DIRETTORE TECNICO E RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO DI A.P.V.

dott. ing. N. Torricella

REFERENTE PER APV

dott. E. Zanotto

rev	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
0	LUG. 2011	EMISSIONE	V.Roso	C. G. Amoroso	C. G. Amoroso

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
			00	Luglio 2011
Pag. 1 di 31 totali				

Indice

1. PREMESSA	2
2. DOCUMENTI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. CONTAMINAZIONE RICONTRATA IN FALDA	4
4. BONIFICA DELLA FALDA	8
4.1. OBIETTIVI.....	8
4.2. STIMA DEI VOLUMI CONTAMINATI IN FALDA	9
4.3. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO	10
4.3.1. <i>Descrizione del software utilizzato</i>	<i>10</i>
4.3.2. <i>Descrizione del modello concettuale</i>	<i>10</i>
4.3.3. <i>Realizzazione del modello:input e condizioni al contorno.....</i>	<i>11</i>
4.3.4. <i>Risultati del modello: attivazione dei pozzi di emungimento e del dreno a tergo del marginamento.....</i>	<i>16</i>
4.3.4.1. Modellazione e risultati ottenuti	16
4.3.4.2. Definizione delle tempistiche di MISE.....	16
4.3.5. <i>Risultati del modello: emungimento dai pozzi spia.....</i>	<i>18</i>
4.3.6. <i>Risultati del modello: impermeabilizzazione finale e bonifica della falda</i>	<i>18</i>
4.4. APPROFONDIMENTI IN MERITO ALLA PRIMA FALDA.....	20
4.5. CONCLUSIONI.....	21
4.6. INTERVENTI PREVISTI IN FALDA.....	22
4.6.1. <i>Rete di drenaggio delle acque di falda</i>	<i>22</i>
4.6.2. <i>Impianto di trattamento delle acque</i>	<i>23</i>
4.6.3. <i>Destino finale delle acque emunte</i>	<i>26</i>
4.6.4. <i>Gestione delle acque dell'area darsena.....</i>	<i>27</i>
5. PIANO DI MONITORAGGIO.....	29
5.1. ACQUE	29
5.1.1. <i>Monitoraggio acque emunte</i>	<i>29</i>
5.1.2. <i>Monitoraggio dai pozzi spia</i>	<i>30</i>
5.2. CONTROLLI DA EFFETTUARSI IN FASE OPERATIVA	31

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		<i>Commessa: M0048PD</i>	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
	00	Luglio 2011		
	<i>Pag. 2 di 31 totali</i>			

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta in recepimento a quanto stabilito in sede di Comitato Tecnico Scientifico del 26 maggio 2011 sulla necessità di bonifica della falda del sito ex Alumix di Fusina.

L'elaborato stabilisce gli obiettivi di bonifica e descrive gli interventi che verranno effettuati per il loro raggiungimento. Inoltre viene definito il piano di monitoraggio necessario al controllo del raggiungimento degli obiettivi definiti.

Nella definizione degli interventi in falda, sono state considerate le evidenze di contaminazione riscontrate dalle varie campagne di caratterizzazione condotte per definire l'inquadramento chimico dell'area. La più recente, quella del 2009, ha ottenuto la validazione da parte di ARPAV e rappresenta il principale supporto per il progetto di bonifica, con opportune integrazioni derivanti dalla campagna 2005 che, pur non essendo stata validata da ARPAV, permette di ottenere un dettagliato quadro informativo.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
	00	Luglio 2011		
	<i>Pag. 3 di 31 totali</i>			

2. DOCUMENTI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La redazione del presente Progetto di bonifica fa riferimento ai criteri definiti nella legislazione vigente elencata in seguito:

- D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii;
- Protocollo Operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D-Lgs. 152/06 e dell'Accordo di Programma per la Chimica di Porto Marghera, aggiornato al 2008;
- Specifiche Tecniche per la predisposizione dei Piani di Caratterizzazione ambientale (Comune di Venezia);
- Indicazioni e prescrizioni contenute nel verbale di Conferenza dei Servizi decisoria del 10/10/2007 per il Sito di Interesse Nazionale di Venezia - Porto Marghera;
- Master Plan per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera (Approvato dalla Conferenza dei Servizi dell'Accordo per la Chimica il 22/04/04);
- D.M. 27/09/2010: Ammissibilità dei rifiuti in discarica;
- Indicazioni e prescrizioni della Conferenza di Servizi decisoria del 10/10/2007 in relazione a carenze individuate nel piano di caratterizzazione 2005, indicazioni sulla gestione dei rifiuti e la messa in sicurezza d'emergenza causa delle evidenze chimiche registrate nel sito ex Alumix e successive comunicazioni da parte del Ministero dell'Ambiente all'Autorità Portuale di Venezia.

Le considerazioni sulle scelte di bonifica sono state effettuate tenendo conto sia del quadro normativo oggi vigente (D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.) che della legislazione precedente (D.Lgs. 22/97 e D.M. 471/99), in linea con quanto previsto dall'Accordo di Programma per la Chimica (approvato nel 1999).

Per quanto riguarda la documentazione tecnica relativa all'area, si è fatto riferimento a:

- indagini preliminari, come riportate nel piano di caratterizzazione APV del 2007 approvato in Conferenza dei Servizi Decisoria del 10/10/2007;
- risultati del piano di caratterizzazione realizzato a gennaio 2005 e novembre 2005 per conto dell'Autorità Portuale di Venezia (allegati B1 e B2);
- risultati del piano di caratterizzazione realizzato nel 2009, come riportati nella Relazione Tecnica-Descrittiva e nei relativi allegati prodotti dall'ATI SGS Italia S.p.A - Getea Italia S.r.l. (allegato B3).

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD	
			rev.	data
			00	Luglio 2011
	<i>Pag. 4 di 31 totali</i>			

3. CONTAMINAZIONE RISCOINTRATA IN FALDA

Le acque presenti nelle falde sono state indagate già in corrispondenza della campagna di caratterizzazione 2005 attraverso 6 analisi collocate nella sola area darsena, in particolare tra la presa a mare e l'edificio "stecca", dove secondo le esigenze del layout progettuale configurato si doveva realizzare lo scavo della darsena.

Le analisi condotte nella falda del riporto e in prima falda secondo il D.M. 471/99 hanno evidenziato superamenti principalmente per metalli, cianuri e fluoruri con concentrazioni in alcuni casi superiori a 10 volte il limite normativo.

La successiva campagna condotta nel 2009, sulla base del D.Lgs.152/06, ha compreso complessivamente 44 analisi chimiche:

- 18 nel riporto
- 16 in prima falda
- 10 in seconda falda

Ne è emerso un quadro particolarmente compromesso nella falda del riporto in cui sono presenti il maggior numero di superamenti dei limiti per le acque sotterranee sia per sostanze inorganiche quali metalli, cianuri liberi, solfati e fluoruri sia per composti organici come IPA e un modesto superamento per 1,1-Dicloro Etilene.

Come evidenziato dalla Relazione Tecnico Descrittiva – realizzata da SGS e Getea Italia i superamenti di Tab.2, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.Lgs 152/06 che si registrano si possono riassumere nella tabella sottostante.

Tabella 3-1 Superamenti registrati nelle acque(Tab.2, D.Lgs 152/06)

Riporto	Prima falda	Seconda falda
Cianuri liberi	Cianuri liberi	
Fluoruri	Fluoruri	Fluoruri
Solfati	Solfati	Solfati
Cromo VI		
		Antimonio
Alluminio		
Arsenico	Arsenico	Arsenico
Boro	Boro	Boro
Ferro	Ferro	Ferro
Manganese	Manganese	Manganese
Mercurio		
Nichel	Nichel	Nichel
Piombo		
Selenio	Selenio	
1.1 dicloroetilene	1.1 dicloroetilene	
Benzo (a)antracene		
Benzo(a)pirene	Benzo(a)pirene	Benzo(a)pirene

rev.	data
00	Luglio 2011
Pag. 5 di 31 totali	

Benzo(b)fluorantene		
Benzo(k)fluorantene		
Benzo(ghi)perilene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(ghi)perilene
Dibenzo(ah)antracene		
Indeno(123-cd)pirene		
Sommatoria IPA	Sommatoria IPA	

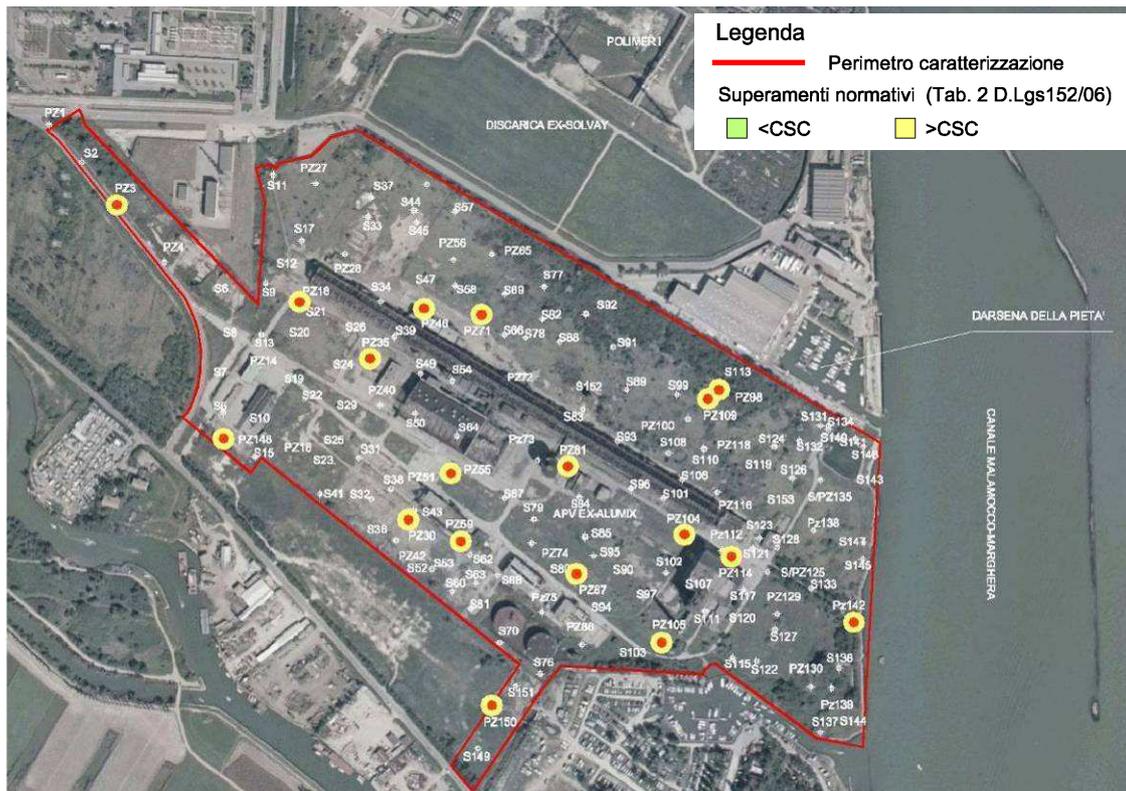


Figura 3-1 Superamenti delle CSC riscontrati nella falda del riporto

rev.	data
00	Luglio 2011
Pag. 6 di 31 totali	

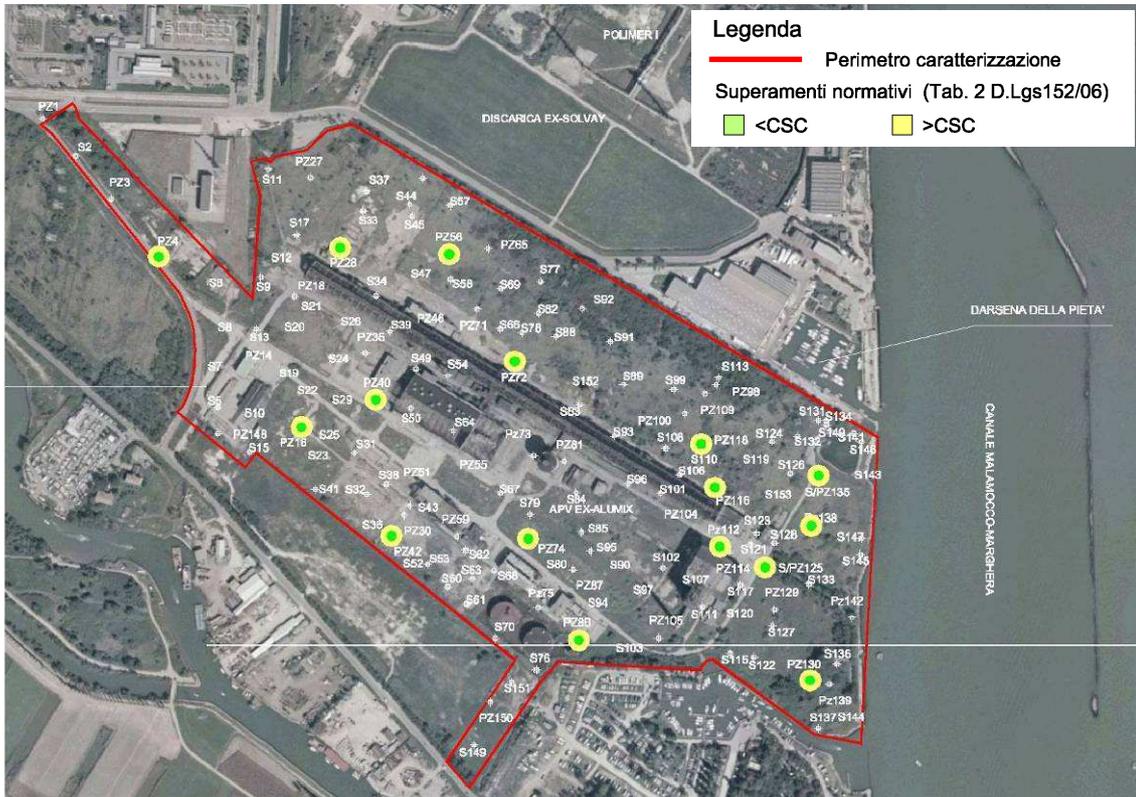


Figura 3-2 Superamenti delle CSC nelle acque di falda del primo acquifero



Figura 3-3 Superamenti delle CSC nelle acque di falda del secondo acquifero

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011		
	Pag. 7 di 31 totali			

L'indagine svolta in modo pressoché distribuito nell'area ex Alumix conferma un panorama di grave compromissione delle acque presenti, dal riporto fino a raggiungere la seconda falda.

Sulla base del documento approvato dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 06/08/04 per il Sito di bonifica di Interesse Nazione di Porto Marghera è necessario rimuovere i cosiddetti "hot spot", così identificati in relazione alla presenza di sostanze con caratteristiche di cancerogenicità e tossicità definite in allegato, e con concentrazioni superiori a 10 volte il limite normativo di Colonna B, tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii (la definizione degli hot spot fa riferimento al parere ISS n. 039021 AMBP/IA.12, ottobre 2004).

Sono stati individuati 8 punti definibili come hot spot di cui 7 per Arsenico e 1 per IPA.

Il piezometro PZ129 e il piezometro PZ065 sono terebrati in seconda falda quindi **non** saranno oggetto di intervento.

In particolare gli "hot spot" che verranno trattati si riscontrano nei piezometri:

- PZ004 (prima falda)
- PZ148 (falda nel riporto)
- PZ018 (falda nel riporto)
- PZ071 (falda nel riporto)
- PZ072 (prima falda)
- PZ030 (falda nel riporto), unico hot spot per IPA

Si faccia riferimento alla relazione "A.1 Caratteristiche dell'area di intervento" per maggiori dettagli.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011		
				Pag. 8 di 31 totali

4. BONIFICA DELLA FALDA

4.1. Obiettivi

L'intervento per la falda prevede:

1. **la messa in sicurezza di emergenza (MISE)** dell'area attraverso l'emungimento nei 6 piezometri con contaminazioni oltre la soglia definita per l'hot spot (10 volte CSC) che assieme al drenaggio a tergo del marginamento delle darsene, consente il controllo della falda all'interno del perimetro di progetto (cfr. modellazioni idrogeologiche effettuate)
L'emungimento dai pozzi attivati durante la prima fase di MISE si prevede sia arrestato al conseguimento delle seguenti condizioni:
 - riduzione delle concentrazioni al di sotto della soglia pari a $10 \times \text{CSC}$ per ogni sostanza;
 - realizzazione della pavimentazione e del marginamento che nelle previsioni del modello idrogeologico sviluppato rendono efficace il controllo della falda attuato dal drenaggio nella fascia retrostante il marginamento;
 - verifica periodica nei pozzi spia che le condizioni piezometriche e chimiche siano quelle previste in progetto per cui:
 - a) le concentrazioni in falda si conservano al di sotto del $10 \times \text{CSC}$;
 - b) non ci sono flussi in uscita dal lato sud dell'area, ovvero il gradiente idraulico è diretto da sud verso nord.
2. **la bonifica della falda** successiva alla fine della MISE effettuata grazie alla realizzazione dell'impermeabilizzazione dell'area e al drenaggio a tergo del marginamento, che consentono il controllo della falda garantendo un minimo piezometrico interno all'area. Il marginamento delle darsene si colloca tra gli interventi di perimetrazione della macroisola di Fusina nell'ambito della realizzazione dei marginamenti e retromarginamenti delle macroisole di Porto Marghera. Tali interventi a carico del Magistrato alle Acque di Venezia sono necessari alla gestione della contaminazione delle acque di falda che si riscontra su tutto il Sito di Interesse Nazionale di Porto Marghera. Le modellazioni idrogeologiche effettuate verificano che il drenaggio garantirà nel lungo termine la bonifica asintotica della falda, grazie alla raccolta costante delle acque contaminate che progressivamente vi giungono (cfr. § 4.5). Gli obiettivi di bonifica sono esplicitati nella relazione A.2. "Analisi di rischio sanitario ambientale" e vengono riportati nella tabella successiva.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD	
			rev.	data
			00	Luglio 2011
	Pag. 9 di 31 totali			

analita	Unità Misura	monte idrogeologico			CSC ex tab. 2, all. 5 alla parte IV, d.lgs. 152/06	CSR da Giuditta 3.2	concentrazioni obiettivo di bonifica
		PZ150	PZP_005	Cmin			
Cianuri liberi	ug/L	5,00	70,00	5,00	50,00	50,00	50,00
Fluoruri	ug/L	1 470,00	20 600,00	1 470,00	1 500,00		1 500,00
Solfati	mg/L	1 770,00		1 770,00	250,00		1 770,00
Azoto nitroso	ug/L	305,00		305,00	500,00		500,00
Idrocarburi totali (come n-esano)	ug/L	29,00	55,00	29,00	350,00		350,00
Cromo VI	ug/L	<5		-	5,00	5,00	5,00
Alluminio	ug/L	12 000,00	122,00	122,00	200,00		200,00
Antimonio	ug/L	1,40	-	1,40	5,00	5,00	5,00
Arsenico	ug/L	27,00	92,00	27,00	10,00	10,00	27,00
Berillio	ug/L	0,50		0,50	4,00		4,00
Boro	ug/L	1 100,00	948,00	948,00	1 000,00		1 000,00
Cadmio	ug/L	0,60		0,60	5,00		5,00
Cobalto	ug/L	8,70		8,70	50,00		50,00
Cromo	ug/L	29,00		29,00	50,00		50,00
Ferro	ug/L	21 000,00	15 520,00	15 520,00	200,00	200,00	15 520,00
Manganese	ug/L	930,00	236,00	236,00	50,00	50,00	236,00
Mercurio	ug/L	0,20		0,20	1,00	1,00	1,00
Nichel	ug/L	48,00	8,00	8,00	20,00	20,00	20,00
Piombo	ug/L	39,00		39,00	10,00	10,00	39,00
Rame	ug/L	39,00	38,00	38,00	1 000,00		1 000,00
Selenio	ug/L	12,00		12,00	10,00	10,00	12,00
Tallio	ug/L	<0.2		-	2,00		2,00
Zinco	ug/L	140,00	93,00	93,00	3 000,00		3 000,00
Benzene	ug/L	<0.1		-	1,00		1,00
Etil Benzene	ug/L	<0.1		-	50,00		50,00
Stirene	ug/L	<0.1		-	25,00		25,00
Toluene	ug/L	<0.1		-	15,00		15,00
Xileni	ug/L	<0.1		-	10,00		10,00
Benzo (a) Antracene	ug/L	0,01		0,01	0,10	0,10	0,10
Benzo (a) Pirene	ug/L	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01
Benzo (b) Fluorantene	ug/L	0,01		0,01	0,10	0,10	0,10
benzo (k) fluorantene	ug/L	0,01		0,01	0,05	0,05	0,05
Benzo (g,h,i) Perilene	ug/L	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01
Crisene	ug/L	0,01		0,01	5,00	5,00	5,00
Dibenzo (a,h) Antracene	ug/L	<0.005		-	0,01	0,01	0,01
Indeno (1,2,3-cd) Pirene	ug/L	0,01		0,01	0,10	0,10	0,10
Pirene	ug/L	0,02		0,02	50,00	50,00	50,00

Figura 4-1 Concentrazioni obiettivo per il raggiungimento della bonifica delle acque di falda

3. **il monitoraggio** attraverso la realizzazione di pozzi spia a sud dell'area (3 sul perimetro e 5 lato interno nord degli edifici di progetto) che possono essere attivati per effettuare un ulteriore controllo sul drenaggio del sito in situazioni di emergenza o laddove si valuti necessario a seguito dei monitoraggi piezometrici e chimici previsti.

4.2. Stima dei volumi contaminati in falda

Il volume interessato dalla contaminazione definita come "hot spot" relativo ai sei piezometri (cfr. capitolo 3) è stato stimato in una prima fase pari a circa 43'500 m³. Il volume contaminato è stato considerato ragionevolmente pari a quello calcolato in relazione alla superficie dei poligoni di Thiessen afferenti ai sondaggi definiti "hot spot", ossia:

$$V = \omega \cdot A \cdot h$$

Dove:

V= volume contaminato, con concentrazione > 10 volte CSC;

A= Area afferente ai poligoni di Thiessen aventi sondaggi con concentrazione >10 CSC;

h= spessore dell'acquifero (si è tenuto conto cautelativamente dello spessore massimo per la determinazione del volume contaminato)

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD
	rev.	data	
	00	Luglio 2011	
	Pag. 10 di 31 totali		

ω = porosità efficace.

4.3. Implementazione del modello idrogeologico

4.3.1. Descrizione del software utilizzato

L'implementazione del modello idrogeologico è stata effettuata con WhAEM versione 3.2.1 del Gennaio 2007. Il software appartiene all'EPA (Environmental Protection Agency) ed è stata prodotta da Haitjema Software, una divisione di Haitjema Consulting. Il programma consiste in un'interfaccia grafica e in un codice analitico scritto in Fortran per risolvere l'equazione di flusso, impiegando l'approssimazione di Dupuit-Forchheimer.

Il software consente la risoluzione del flusso in condizioni stazionarie in un unico acquifero.

WhAEM permette anche di modellare il particle tracking.

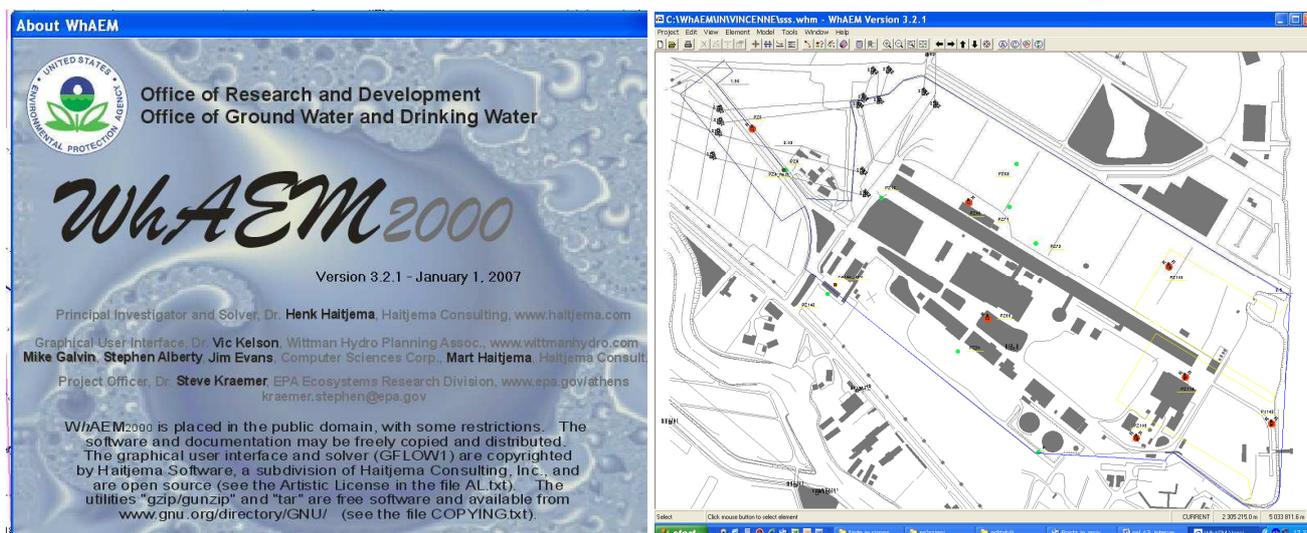


Figura 4-2 WhaEM versione 3.2.1, software utilizzato per l'implementazione del modello idrogeologico della Piattaforma Logistica Fusina

4.3.2. Descrizione del modello concettuale

Il software utilizzato richiede la definizione di un modello concettuale schematico e rappresentativo della situazione reale, in quanto la simulazione deve essere effettuata su un unico acquifero del quale si devono definire le caratteristiche idrogeologiche principali.

La falda schematizzata è quella del riporto, con la base dell'acquifero a ~ -2 m s.m.m ed uno spessore di ~ 3.5 m. La permeabilità assunta è pari a 0.9 m/d ossia pari a 1×10^{-5} m/s (analogamente a quanto asserito nell'Analisi di Rischio effettuata sull'area, cfr. elaborato A.2 del progetto di bonifica).

Tale modellazione è ragionevole se si considera che la falda maggiormente contaminata è quella nel riporto, che vede un numero maggiore di hot spot. In aggiunta a ciò si deve considerare che la prima falda risulta meno "problematica" dal punto di vista dell'andamento dei gradienti e della piezometria: il perimetro dell'area ha gradienti dal lato sud generalmente verso l'interno o al più verso la zona della

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD
	rev.	data	
	00	Luglio 2011	
	Pag. 11 di 31 totali		

futura darsena. In base a tali considerazioni, si è scelto quindi di simulare la falda del riporto (cfr. §4.4).

D'altra parte la necessaria semplificazione effettuata non invalida i risultati modellistici ottenuti, che sono comunque rappresentativi.

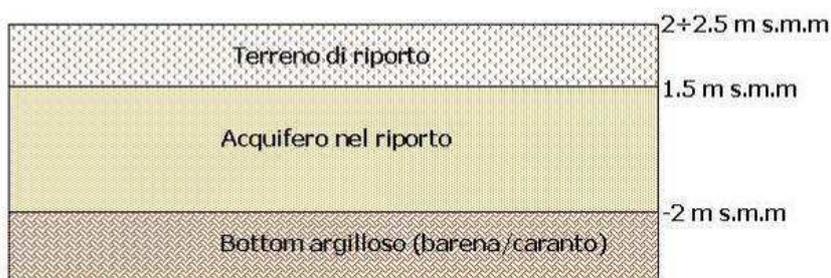


Figura 4-3 Modello concettuale per la simulazione dell'acquifero del riporto

Nel modello si può simulare poi la presenza di fiumi, torrenti etc, per i quali è possibile specificare una portata oppure una quota piezometrica costanti.

Si può simulare inoltre la presenza di pozzi di emungimento e verificare la loro influenza. Si possono definire anche in questo caso portate ovvero quote piezometriche.

Il modello permette di definire delle aree “disomogenee” caratterizzate da diversa permeabilità/ricarica areale o diversa porosità rispetto ai valori definiti di default.

Si veda il paragrafo successivo per la definizione delle condizioni al contorno adottate.

4.3.3. Realizzazione del modello:input e condizioni al contorno

Il modello è stato effettuato definendo delle condizioni al contorno che permettessero di “fotografare” la situazione reale del flusso dell’acquifero nello stato di fatto.

Per avere la possibilità di definire il sistema di emungimento della falda e di osservare il flusso successivamente alla realizzazione del marginamento e dell’impermeabilizzazione, è stato necessario in un primo step tarare il modello in base ai dati osservati: la campagna di rilievo della piezometria cui si è fatto riferimento è la campagna di SGS Italia S.p.A datata 25 Marzo 2009.

Come condizioni al contorno sono state considerate:

1. la presenza del Naviglio Brenta
2. la presenza del canale Malamocco Marghera
3. le precipitazioni atmosferiche

In particolare, nel Naviglio Brenta è presente una conca di navigazione posta più a nord-ovest rispetto alla zona di interesse progettuale. Il livello a monte della conca è sostenuto a +1.86 m s.m.m. ma nel tratto a valle, ossia nella zona di interesse per l’influenza del modello idrogeologico, il Naviglio è regolato dalla marea. Al momento di inserimento del Naviglio come condizione al contorno del modello, è stato necessario specificarne la quota piezometrica, fatta variare da +0.30 m s.m.m. a monte a 0.0 m s.m.m. a valle. Anche il Canale Malamocco Marghera è stato posto a quota 0.0 m s.m.m.

Per quanto riguarda le precipitazioni, si osserva come il giorno di misure (25/03/2009) si collochi dopo un periodo secco (almeno due settimane con precipitazioni assenti). Il mese di Marzo 2009, inoltre, è caratterizzato da due soli eventi meteorici consistenti, il primo il 5 marzo e uno successivo alla campagna di indagini.

Chioggia												Giorni
Strumento: Pr												
Bacino:	PLANURA FRA PIAVE E BRENTA										Quota (m.s.m.): 1	
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
13,0	2,0		10,4								3,4	1
0,2	4,4	0,4	18,4									2
0,2	30,0	0,2	5,8	0,2					0,2	9,0		3
	0,2	3,0	1,8				3,0			1,6	7,4	4
		18,0	2,0	22,0		5,2				2,0	23,0	5
	0,2	6,2								3,4		6
	14,2									1,6		7
4,4	3,2				7,8	11,2				3,2	11,4	8
2,0	0,6									28,6	8,6	9
	0,2		0,2							3,6		10
	1,4		0,2			0,4					0,2	11
									4,0			12
												13
0,8							6,0	1,6			1,4	14
15,8								29,4	0,8		0,2	15
0,2								16,0				16
0,2			0,8					76,2				17
0,2					0,2	2,6					[3,0 *]	18
0,6			0,2									19
0,6			13,8		12,0							20
9,0			2,2		2,6							21
2,0									10,6		18,8	22
			2,4						8,2	0,4	13,6	23
			3,6		1,4				20,4		5,0	24
	0,2			0,8	0,2				0,2		11,4	25
					0,4						0,2	26
			9,4		28,4					0,8		27
5,6	0,2		12,4		0,6					4,0		28
		13,8	7,8		2,4						0,2	29
		42,0	4,2	1,6			14,6		0,2	0,6	5,6	30
											1,2	31
54,8	56,8	83,6	95,6	24,6	56,0	19,4	23,6	123,2	44,6	58,8	114,6	tot. mensile
7	6	5	13	2	6	3	3	4	4	9	13	gg. piovosi
TOTALE ANNUO			755,6						GIORNI PIOVOSI			75

Figura 4-4 Dati di precipitazione misurati da ARPAV nel 2009 a Chioggia (si assume che le precipitazioni siano compatibili con quelle che si possono registrare a Fusina).

In questo caso si devono effettuare alcune considerazioni:

- l'anno piovoso considerato vede un'altezza di precipitazione pari a 840 mm/anno, valore misurato dall'ente Zona Industriale di Porto Marghera, con una media mensile delle piogge pari a 70 mm/mese;
- nei 30 giorni precedenti alle misure, a meno di un evento piovoso importante, è caduto un quantitativo pari a ~28 mm, che si pone in un fattore pari a ~1/3 rispetto alla media mensile di cui al punto precedente

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD	
			rev.	data
			00	Luglio 2011
			Pag. 13 di 31 totali	

- secondo quanto disposto da APAT¹, l'infiltrazione efficace varia con le precipitazioni annuali secondo un fattore quadratico. Per le sabbie è individuata la seguente formula:

$$I_{ef} = 0.0018 \times P^2 \text{ [cm/y]} \text{ (SAND e SANDY LOAM)}$$

L'infiltrazione efficace sarà quindi ~1/9 del valore normale di infiltrazione che si avrebbe mediamente nell'area: le portate di emungimento che risulteranno dal modello idrogeologico dovranno quindi essere ritenute il limite inferiore, ossia si considera che le portate medie reali siano 9 volte maggiori.

In base alle precedenti considerazioni, l'infiltrazione media risulta:

$$I_f = 0.0018 \times P^2 = 0.0018 \times 0.84^2 = 0.127 \text{ m/y} \cong 0.0004 \text{ m/d}$$

mentre nel modello è stato considerato un valore di ricarica areale come input pari a 1/9 della stessa infiltrazione efficace, ossia 0.00005 m/d.

La necessità di tarare il modello ha comportato inoltre la definizione di zone a maggiore o minore permeabilità per ricostruire lo stato di fatto coerentemente con l'andamento delle isofreatiche riscontrato nelle campagne di monitoraggio del 2009.

In particolare è stata creata un'area molto permeabile a nord esternamente all'area di interesse, in quanto dalle piezometriche ricostruite da SGS (cfr. figura successiva) si vede come il gradiente sia direzionato verso l'esterno dell'area a nord-ovest.

Ragionevolmente, la presenza in tale zona di elementi drenanti, come fossi (lo stesso fosso Fondi a Est) scolli, o altro, possono giustificare la definizione di un'area permeabile che effettua un richiamo.

¹ *“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”* di APAT, rev. 2 del Marzo 2008

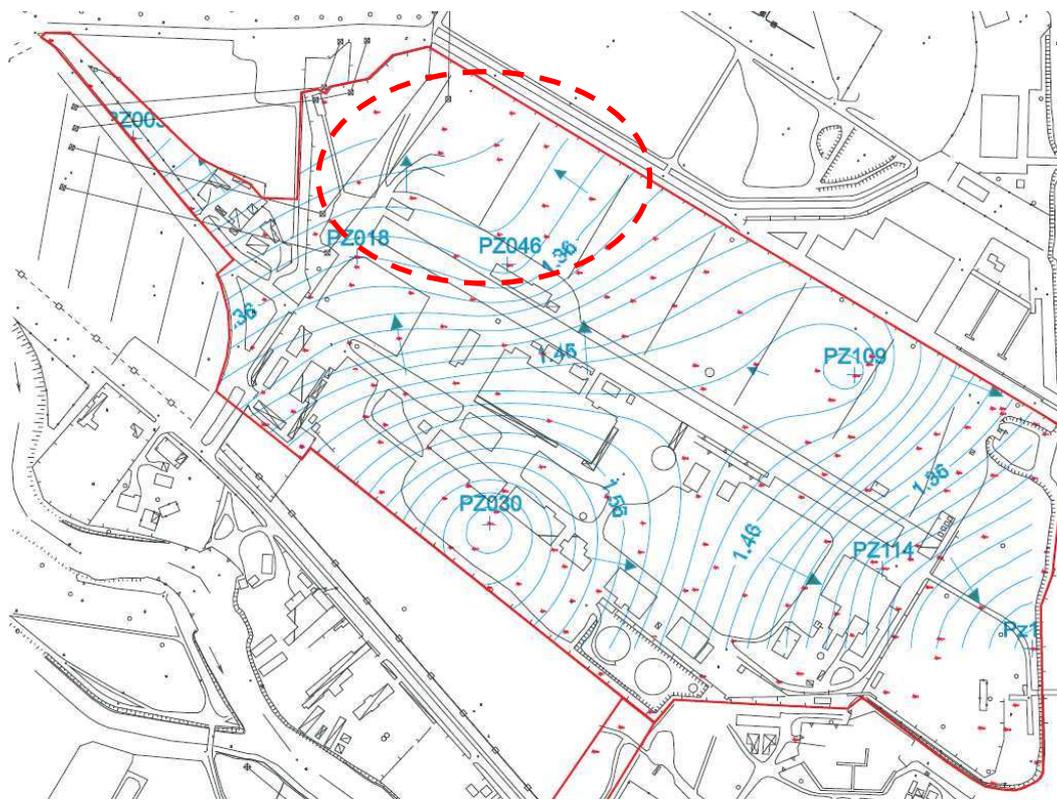


Figura 4-5 Carta delle isopiezometriche del riporto m s.l.m. (aprile 2009) (ATI SGS-Getea, 2009). Si osserva in rosso la zona in cui il gradiente è direzionato verso l'esterno.

Analogamente nel PZ30 (unica verticale nel lato sud dell'area dove è stato misurato il livello piezometrico) e nel PZ109 si osservano alti piezometrici: anche in questo caso sono state create in queste zone delle aree a permeabilità minore (ordine $10^{-7} \div 10^{-6}$), in modo da creare un livello piezometrico maggiore. Tali dati si sono poi confrontati con le indagini geotecniche e topografiche a disposizione per verificare la validità delle assunzioni effettuate: dall'analisi delle prove geotecniche si osserva come lo strato di riporto mostri permeabilità abbastanza eterogenee (pur di ordini di grandezza relativi a sabbia/limi sabbiosi) a supporto delle ipotesi effettuate in questa fase.

La taratura del modello è stata poi verificata tramite l'inserimento di *test point* in corrispondenza dei piezometri nei quali è stata effettuata la misura piezometrica durante la campagna di marzo. Nel software i test point rappresentano punti nei quali è possibile inserire valori reali effettivamente misurati che verranno confrontati con i valori calcolati dal modello.

In particolare sono state inserite le seguenti misure piezometriche:

- PZ003 con quota a 1.18 m s.m.m
- PZ018 con quota a 1.36 m s.m.m
- PZ030 con quota a 1.68 m s.m.m
- PZ105 con quota a 0.67 m s.m.m
- PZ109 con quota a 1.53 m s.m.m

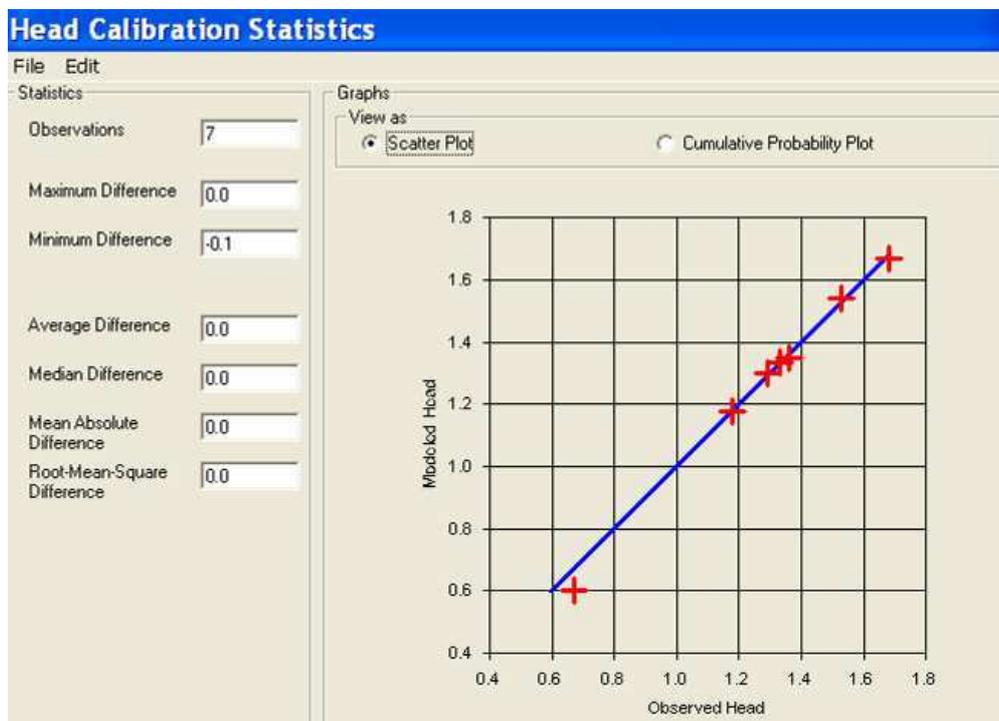


Figura 4-6 Grafico di confronto tra i punti misurati (valori reali) e i punti calcolati nella modellazione. Il grafico mostra che il modello risulta calibrato in quanto i rapporti tra i due valori (punti di rossi) si dispongono sulla retta corrispondente al valore misurato/osservato=1

Come si può osservare vi è la sostanziale coincidenza dei valori misurati durante la campagna SGS del 2009 con quelli calcolati dal modello implementato.

Una volta tarato il modello si sono effettuate diverse simulazioni per definire il flusso della falda in distinte condizioni di progetto:

1. attivazione dei pozzi di emungimento per la messa in sicurezza di emergenza della falda
2. realizzazione del marginamento e del drenaggio a tergo, con simultaneo emungimento dai pozzi
3. attivazione dei 3 pozzi spia nel lato sud (in caso di emergenza)
4. fine della messa in sicurezza di emergenza, spegnimento dei pozzi di emungimento e impermeabilizzazione della piattaforma. In questa fase si è simulata la sola azione del drenaggio a tergo del marginamento.

Successivamente vengono riportate le modellazioni e i risultati ottenuti.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD			
			rev.	data		
			00	Luglio 2011		
			<i>Pag. 16 di 31 totali</i>			

4.3.4. Risultati del modello: attivazione dei pozzi di emungimento e del dreno a tergo del marginamento

4.3.4.1. Modellazione e risultati ottenuti

Una volta calibrato il modello (cfr. tavola C.14.1) con l'ottenimento di un andamento delle isofreatiche e dei livelli riscontrabili nei dati reali, si è proceduto con la modellazione degli effetti dell'attivazione dell'emungimento dai pozzi e del drenaggio a tergo del marginamento: tali interventi riguardano la messa in sicurezza di emergenza della falda.

In un primo step, la fase di modellazione ha comportato l'inserimento dei pozzi di emungimento, 2 di nuova terebrazione in quanto fuori dal perimetro di interesse della bonifica denominati, PZ004_new e PZ148_new (cfr. §4.6.1). I restanti emungimenti verranno attivati dai piezometri PZ018, PZ030, PZ070, PZ071.

La situazione a regime (cfr. tavola C.14.2) è stata definita andando a variare le portate estratte dai pozzi di emungimento fino al raggiungimento di una soluzione tale per cui i pozzi possano funzionare correttamente e simultaneamente, controllando il livello della falda nella zona a ovest.

La portata totale emunta è pari a ~20 m³/d, con una portata media da ogni pozzo di ~3 m³/d. Come già evidenziato precedentemente quelle che si attendono essere le portate medie reali sono 9 volte superiori rispetto a quelle calcolate dal modello, quindi si considera, anche per il dimensionamento impiantistico, una portata media da ogni pozzo pari a ~ 27 m³/d.

Attivando i pozzi, prima della realizzazione della darsena si vede che l'emungimento consente il controllo sostanziale della falda nella zona a ovest, anche se nella zona est non si risente della presenza dei pozzi.

Nel secondo step, è stata effettuata la simulazione con l'inserimento del drenaggio a tergo del marginamento. Il drenaggio è stato modellato imponendo una quota piezometrica a 0.0 m s.m.m (il dreno è posto a quota -1 m s.m.m). In questa fase modellistica, si osserva come tramite i due sistemi connessi vi sia un sostanziale controllo della falda entro il perimetro dell'area di interesse (cfr. tavola di progetto C.14.3).

4.3.4.2. Definizione delle tempistiche di MISE

La definizione delle tempistiche per la messa in sicurezza di emergenza, ossia per l'emungimento del volume che è considerato "hot spot", è stata effettuata grazie al software WhAEM: il software infatti consente la simulazione dei percorsi di migrazione della contaminazione attraverso il particle tracking. Considerando i poligoni di Thiessen che definiscono l'estensione della contaminazione nell'intorno della verticale in cui si hanno tali evidenze, si può assumere un'area media di ~2000/2500 m² (la caratterizzazione è avvenuta con maglia 50x50m).

Il raggio di un poligono sarà quindi mediamente pari a 20/25 m: questa distanza è stata assunta nella simulazione per ricercare il tempo necessario alla particella situata alle estremità del poligono di Thiessen, per arrivare al pozzo di emungimento dal quale viene estratta. Tale tempistica di fatto costituisce la durata della messa in sicurezza di emergenza della falda, ossia il periodo di tempo necessario affinché tutta la contaminazione definibile come "hot spot" venga estratta dal sistema di emungimento.

Nella simulazione quindi sono state inserite delle particelle ad una distanza di 25 m dai pozzi di emungimento e sono stati fatti variare i tempi (3-6-8 mesi), fino ad ottenere la tempistica di messa in sicurezza di emergenza, risultata pari a 8 mesi. Nella figura successiva viene riportato l'immagine della simulazione nel pozzo PZ148_new.

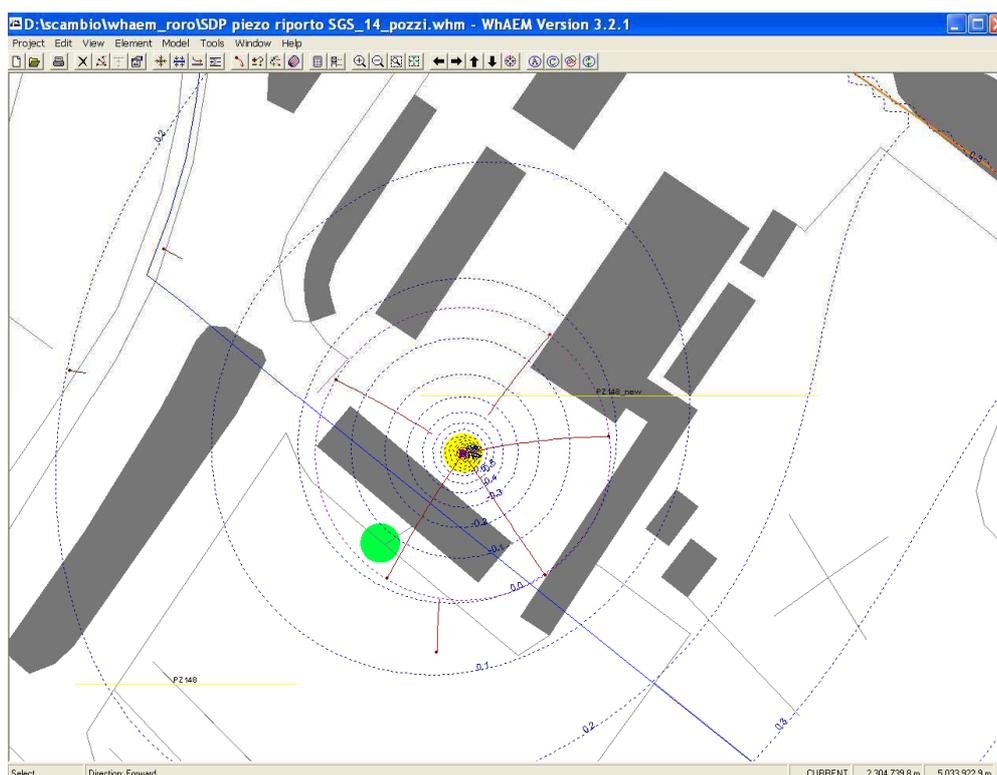


Figura 4-7 Particle tracking: percorsi verso il pozzo di emungimento. Si vede che in 8 mesi (tempo di MISE) le particelle disposte ai bordi del poligono di Thiessen (distanza 25 m dal centro) arrivano al pozzo di emungimento.

Il volume totale estratto in 8 mesi, in base alle portate medie complessive calcolate dal modello di ~20 m³/d, portano all'estrazione di un volume pari a

$$V = 20 \times 9 \times 30 \times 8 = 43\,200 \text{ m}^3$$

Dove

- 9 è il fattore correttivo di cui si è già discusso in precedenza,
- 30 sono i giorni mensili considerati per l'emungimento,
- 8 sono i mesi di emungimento per la MISE

Tale valore è coerente con quanto affermato al §4.2, dove venivano stimati in prima fase i volumi contaminati e definibili come "hot spot".

Si sottolinea comunque che è previsto un piano di monitoraggio (cfr.§ 5.1) per l'osservazione dell'andamento delle concentrazioni nei piezometri in esame, in modo da ridurre o prolungare il periodo di messa in sicurezza di emergenza in funzione anche dei riscontri analitici ottenuti.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011	Pag. 18 di 31 totali	

4.3.5. Risultati del modello: emungimento dai pozzi spia

E' stata effettuata anche la modellazione dell'effetto dell'emungimento dai pozzi spia situati sul lato sud del perimetro dell'area di intervento, con l'emungimento dei pozzi interni attivo e con la presenza del drenaggio a tergo del marginamento.

La collocazione dei pozzi spia a sud è relazionata alla direzione del gradiente nello stato attuale (cfr. tavola C.14.1) e al fatto che proprio tale lato risulta il più critico. Infatti, un flusso uscente dal perimetro nord, rimarrebbe comunque entro la macroisola Fusina e sarebbe raccolto dal drenaggio a tergo del marginamento lungo il canale Malamocco Marghera o del canale Industriale Sud.

L'emungimento dovrebbe essere attivato in casi di emergenza relazionati a cambiamenti nella direzione del gradiente idraulico, che potrebbero essere causati dalla ricollocazione nell'area retroportuale dei terreni scavati, oppure anche alla costruzione degli edifici della piattaforma logistica. All'attivazione dei pozzi spia la portata media nei pozzi posti lungo il lato a sud è stata abbassata ($1 \div 2 \text{ m}^3/\text{d}$ anziché $3 \text{ m}^3/\text{d}$) per ottenere comunque in regime gli abbassamenti piezometrici necessari al controllo della falda.

L'output del modello idrogeologico riguardante l'effetto dell'emungimento dai pozzi spia si può osservare nella tavola C.14.4.

4.3.6. Risultati del modello: impermeabilizzazione finale e bonifica della falda

Successivamente agli 8 mesi di messa in sicurezza di emergenza, verrà effettuata la bonifica della falda.

Una volta conclusasi la fase di messa in sicurezza di emergenza della falda si ritiene possibile terminare l'emungimento in quanto:

- l'impermeabilizzazione che verrà effettuata sulla superficie, consentirà di ridurre drasticamente la ricarica areale su di essa e
- resterà attivo e costante il drenaggio a tergo del marginamento.

Anche in questo caso comunque è stata effettuata una simulazione per osservare l'andamento dei flussi della falda, in modo da verificare o meno la necessità di continuare l'emungimento anche dai pozzi, ovvero se la presenza del dreno a tergo del marginamento fosse condizione sufficiente a garantire la bonifica e il controllo della falda.

Come si può osservare dalla tavola C.14.5, l'andamento delle isofreatiche mostra un flusso verso l'esterno sul lato nord e sul lato sud del perimetro dell'area oggetto dell'intervento di bonifica.

Visto l'andamento delle isofreatiche, sono state inserite nel modello delle linee di ispezione, per verificare i quantitativi uscenti dall'area. È risultato che le portate stimate dalla modellazione risultano:

- Lato sud: portata uscente di $\sim 5 \text{ m}^3/\text{d}$
- Lato sud est: portata uscente di $\sim 1 \text{ m}^3/\text{d}$
- Lato nord $\sim 4 \text{ m}^3/\text{d}$

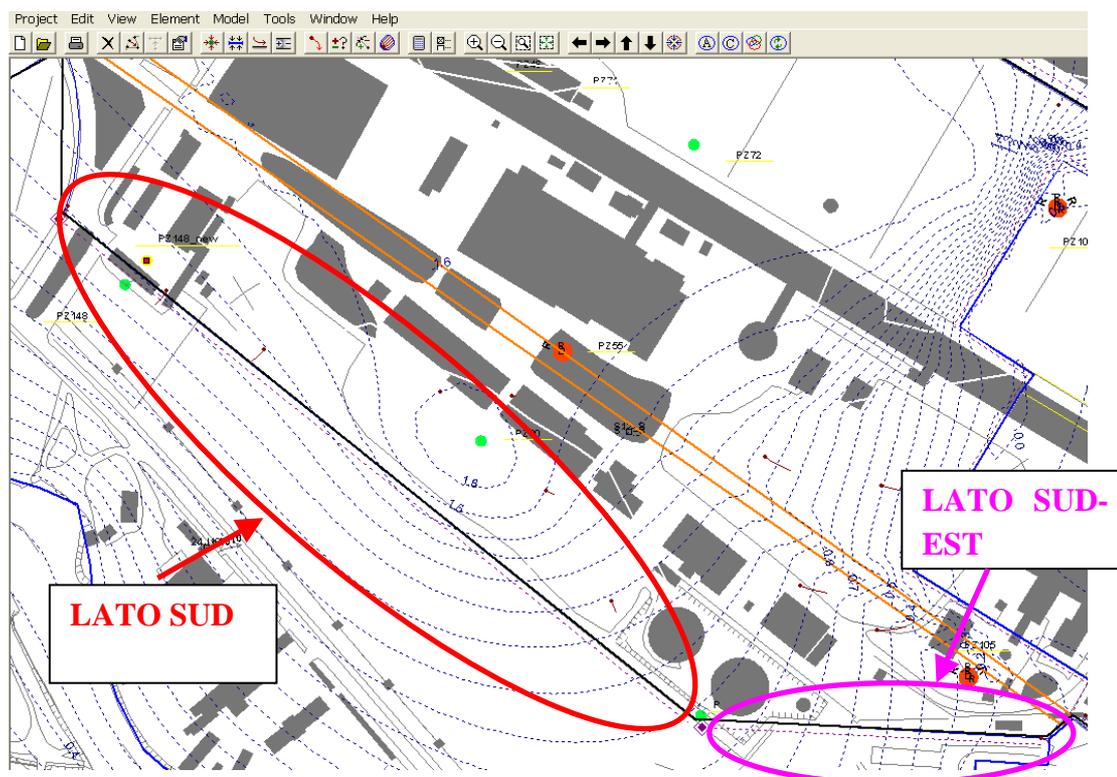


Figura 4-8 Definizione dei lati sud e sud est dove sono state inserite nel modello linee di ispezione dei flussi.

In questo caso si devono fare alcune considerazioni:

- un flusso uscente dal lato nord, come già accennato, non è problematico in quanto il flusso è comunque entro la macroisola Fusina e destinato ad essere raccolto dai drenaggi a tergo dei marginamenti esistenti
- l’alto piezometrico riscontrato nel punto PZ030 è ragionevolmente dovuto alla vicinanza del Naviglio Brenta, quindi non si tratterebbe di una situazione “puntuale” ma più probabilmente “areale” nella fascia sud dell’area di intervento che determina una condizione di flusso entrante nell’area di intervento. Se così non fosse è possibile che
 - vi possa essere la presenza locale di elementi che influenzano la lettura dell’alto piezometrico
 - vi siano stati errori di misura (non escludibili)

per cui, tale condizione potrà essere controllata in fase di realizzazione degli interventi e comunque sarà soggetta ad evoluzione proprio in relazione alla costruzione delle opere. In ogni caso è comunque previsto un monitoraggio dei livelli piezometrici per verificare tale condizione.

Nella situazione a ricarica ridotta è verosimile ipotizzare che non si riscontri la necessità di emungere i ~6 m³/d (portate da modello) in uscita dall’area di intervento nella zona sud, in quanto trattasi di flusso entrante, per quanto espresso ai punti precedenti.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011		
			Pag. 20 di 31 totali	

Nella condizione ad impermeabilizzazione superficiale effettuata, che consente di ridurre drasticamente la ricarica areale, si ritiene ragionevole che la presenza del drenaggio sia sufficiente a garantire gradualmente la bonifica della falda. I volumi contaminati verranno progressivamente raccolti dal dreno e convogliati a trattamento presso l'impianto adibito nell'area per il successivo invio alla rete dei B3 del sistema PIF.

Nel modello è stata inserita una linea di ispezione immediatamente a monte idrogeologico del dreno a tergo del marginamento per verificare le portate effettivamente in arrivo al dreno: la portata raccolta è risultata pari a ~5 m³/d. La portata reale attesa in relazione al fattore moltiplicativo di cui si è già discusso, è pari a 45 m³/d ossia circa 0.5 l/s, inferiore rispetto a quanto stimato dallo "Studio idrologico del contributo alla ricarica della falda nella zona di Porto Marghera (VE)"² che, invero, considera permeabilità medie delle macroisole ben maggiori di quella che si otterrà per lo specifico per l'area ex Alumix a seguito degli interventi previsti: per effetto delle maggiori permeabilità, anche le ricariche sono maggiori e conseguentemente sono maggiori le portate da raccogliere sul perimetro delle macroisole, che, nel caso di quella di Fusina, sono dell'ordine di ~1.6 l/s·km.

Cautelativamente si ammette di realizzare ulteriori 5 pozzi spia dopo la realizzazione degli edifici, sul lato interno ad essi, (meno soggetti a richiami di acque dall'esterno dell'area) dai quali potranno essere effettuati degli emungimenti eventuali laddove se ne riscontrasse la necessità dal confronto dei livelli piezometrici tra 3 pozzi spia lato sud e 5 pozzi spia interni.

4.4. Approfondimenti in merito alla prima falda

La modellazione idrogeologica è stata effettuata considerando la falda nel riporto, in quanto essa presenta delle criticità dal punto di vista idrodinamico più rilevanti rispetto alla prima falda, come già accennato in precedenza.

Si possono in questo senso effettuare le seguenti considerazioni:

1. la falda nel riporto mostra dinamiche più rilevanti rispetto alla prima falda, che presenta invece un andamento abbastanza omogeneo del gradiente dal perimetro sud (lato Naviglio Brenta) verso l'interno dell'area, per poi dirigersi verso nord entro la macroisola Fusina (cfr. **Figura 4-9**). Infatti, la falda nel riporto:
 - a. è in connessione con la ricarica superficiale che ne influenza gli andamenti
 - b. è pure fortemente dipendente dalla marea
 - c. mostra connessioni con gli elementi di regimazione delle acque (presenza di fossi, come per esempio lo stesso Fondi a Est, e scoli) essendo influenzata fortemente anche dalla presenza del Naviglio Brenta
 tutti questi elementi ne complicano e ne influenzano l'andamento, a differenza di quanto avviene per la prima falda;
2. la contaminazione in prima falda è meno problematica rispetto a quella riscontrata nel riporto.

² Responsabile: prof. Andrea Rinaldo, gennaio 2005.

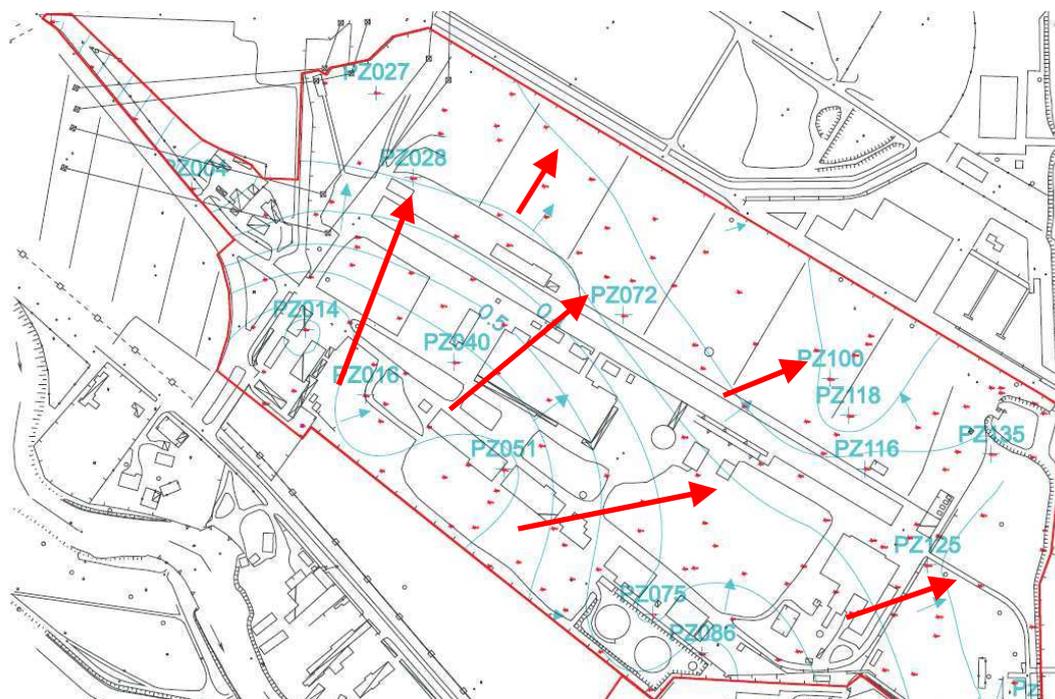


Figura 4-9 Carta delle isopiezometriche della falda confinata m s.l.m. (aprile 2009) (ATI SGS-Getea, 2009) in cui sono stati evidenziati i versi di deflusso

Avendo riscontrato tramite la modellazione idrogeologica effettuata il controllo delle acque del riporto anche con le “forzanti” sopra elencate, a maggior ragione si può ritenere che la prima falda possa essere controllata con il drenaggio a tergo del marginamento e l’impermeabilizzazione finale dell’area, in considerazione del fatto che:

- il marginamento sbarrava anche la prima falda, quindi il dreno a tergo ne raccoglierà le acque
- essendo i gradienti in entrata dal lato sud, non ci sono rischi di migrazione della contaminazione verso l’esterno, inoltre sono presenti i pozzi spia che possono realizzare un controllo della falda e monitorare eventuali criticità ;
- anche qualora non tutte le acque dal lato nord fossero raccolte dal drenaggio a tergo del marginamento delle darsene ed invece uscissero dal perimetro di intervento verso nord-est, ricadrebbero comunque entro la macroisola Fusina e quindi verrebbero intercettate dal dreno a tergo dei marginamenti realizzati lungo il canale Malamocco Marghera e lungo il Canale Industriale Sud. Tale considerazione è valida sia per ciò che concerne la falda nel riporto che in prima falda.

In relazione a tali considerazioni non si ritengono necessari ulteriori sistemi di gestione della prima falda.

4.5. Conclusioni

La modellazione idrogeologica ha consentito di:

- verificare le portate di emungimento e le tempistiche per la MISE

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011		
	Pag. 22 di 31 totali			

- verificare l’effetto del controllo dei pozzi spia
- verificare l’effetto del drenaggio a tergo del marginamento e dell’impermeabilizzazione effettuata nella situazione a MISE conclusa, per la bonifica della falda

Si ritiene quindi che la MISE si possa ritenere conclusa dopo 8 mesi di emungimento, con l’estrazione di un volume totale complessivo di circa 43'200 m³.

I monitoraggi previsti daranno poi riscontro dell’avvenuta conclusione di MISE (contaminazione entro le soglie di 10 volte CSC).

La bonifica della falda, da garantirsi in considerazione della contaminazione riscontrata, verrà effettuata tramite l’azione del sistema di drenaggio che si ritiene efficace per il controllo della falda ad avvenuta impermeabilizzazione dell’area, infatti l’azione congiunta delle opere determina un minimo piezometrico interno all’area che di fatto risulta una “trappola” per le acque interne all’area. La successiva bonifica della falda intesa nei termini degli obiettivi indicati al §4.1 la si considera realizzata nel tempo per effetto dei costanti emungimenti dal dreno perimetrale al marginamento.

La portata raccolta dal sistema di drenaggio a tergo del marginamento è pari a ~45 m³/d (considerando il fattore correttivo).

Si valuta che gli obiettivi di bonifica possano essere conseguiti nell’arco temporale della realizzazione delle opere connesse al terminal (4.5 anni). Se d’altra parte i monitoraggi previsti dessero l’evidenza che gli obiettivi di bonifica non sono conseguiti in questi tempi il drenaggio nella fascia del marginamento è un onere assunto costante nel tempo, pertanto nel quarantennio della concessione dell’area dall’Autorità Portuale di Venezia a Venice Ro Port MoS, quest’ultimo si farà carico della gestione dei dispositivi idraulici e dei conseguenti oneri di depurazione.

Ai fini della quantificazione degli oneri di gestione, cautelativamente si assume che nei quattro anni e mezzo del progetto di bonifica vengano raccolte le acque con portate decrescenti dai 2 l/s (=1.6 l/s·km×1.2 km) stimati dallo studio citato, fino a 0.5 l/s, calcolati dal modello idrogeologico qui implementato.

Si ritiene che successivamente ai 4.5 anni di bonifica, ferma restando l’esigenza di verificare l’effettivo attingimento degli obiettivi di bonifica, le portate da raccogliere possano essere ulteriormente ridotte in relazione alle sole esigenze del controllo piezometrico atto a contenere il sovrizzo di falda a tergo del marginamento: pertanto in quella fase si stimano portate che si attestano progressivamente sull’ordine dei 0.2 l/s.

4.6. Interventi previsti in falda

4.6.1. Rete di drenaggio delle acque di falda

Per i piezometri in falda nel riporto e in prima falda si provvederà come detto all’emungimento dei quantitativi volumetrici che risultano contaminati, così come previsto al §4.1 e al §4.2.

L’emungimento avverrà generalmente dai piezometri esistenti, tuttavia, si considera la possibilità che i piezometri non siano sfruttabili/funzionanti, quindi nella stima dei costi si è tenuto conto dell’eventuale necessità di rifacimento della metà degli stessi. In particolare due piezometri (PZ4 e PZ148) che risultano fuori dal perimetro dell’area di intervento dovranno essere riterebrati all’interno

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		<i>Commessa: M0048PD</i>	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
	00	Luglio 2011		
	<i>Pag. 23 di 31 totali</i>			

dell'area alle medesime profondità, in modo da poter effettuare l'emungimento delle porzioni di acquifero contaminate. I nuovi piezometri verranno nominati PZ4_new e PZ148_new.

La rete di raccolta delle acque emunte si sviluppa perimetralmente all'area di intervento ed è disposta in planimetria in modo da non interferire con quanto previsto dal layout della futura piattaforma logistica Fusina.

Le tubazioni interrato che compongono la rete di drenaggio sono previste in PVC $\Phi 200$ mm per uno sviluppo lineare di circa 1500 m (cfr. tavola di progetto C.12.3). La parte impiantistica e la rete di drenaggio sono state dimensionate cautelativamente a portate di estrazione 9 volte maggiori rispetto a quelle in output al modello idrogeologico implementato. Questo in considerazione del fatto che la taratura del modello è stata svolta su dati reali di piezometria registrati nella campagna del 2009 da SGS in un periodo secco, come già specificato al paragrafo precedente.

In ogni punto di emungimento verrà disposta una pompa che scaricherà tramite tubazione in un pozzetto attiguo al punto di emungimento. Dai pozzetti partono le tubazioni della rete di drenaggio che convogliano i reflui a gravità fino al sistema di sollevamento. Da qui le acque di falda contaminate vengono immesse in testa all'impianto di trattamento (cfr. §4.6.2) dove vengono trattate per il successivo invio finale al sistema B3 del PIF attualmente sita lungo la Darsena Dalla Pietà.

Anche le acque del drenaggio a tergo del marginamento, come già anticipato, vengono raccolte (portate stimate dell'ordine dei 2 l/s) e inviate al sistema di trattamento, dal quale saranno successivamente scaricate in B3..

Vengono previsti dei controlli nei piezometri (cfr.§5.1.1) per verificare la natura delle acque emunte, ovvero osservare l'attenuazione entro le soglie definite per l'hot spot delle concentrazioni attuali.

Nei pozzi spia verranno inoltre effettuati degli accertamenti periodici per verificare lo stato della contaminazione attivando eventualmente un emungimento se necessario.

4.6.2. Impianto di trattamento delle acque

Come sopra accennato, è prevista l'installazione di un impianto di trattamento delle acque di falda emunte dai pozzi e dal drenaggio prima dell'invio al sistema PIF. L'impianto avrà la funzione di garantire il rispetto dei limiti imposti a parametri fisici e chimici per i reflui di tipo B3 (cfr. paragrafo seguente).

Si prevede che il sistema di trattamento sarà ubicato in una porzione a Nord Ovest dell'area oggetto di intervento, posizione ritenuta più idonea dal punto di vista delle interferenze con le attività di bonifica e di realizzazione delle opere della piattaforma logistica Fusina.

I parametri critici per cui le cui concentrazioni nelle acque di falda sono superiori ai limiti di accettabilità per reflui di tipo B3 sono:

- Fluoruri
- Cloruri
- Arsenico
- Boro.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
	00	Luglio 2011		
	Pag. 24 di 31 totali			

Si prevede di adottare un sistema di trattamento chimico-fisico strutturato in 2 step consecutivi, che consente di agire sui solidi sospesi tramite una chiariflocculazione o di sfruttare la variazione di pH per la precipitazione dei metalli:

- 1° step: chiariflocculazione oppure trattamento acido/basico e sedimentazione
- 2° step: trattamento acido/basico e sedimentazione
- Neutralizzazione finale

Si stima che il volume giornaliero d'acqua da trattare sia pari a 300÷350 m³/d con i pozzi in attività, portata accettabile dall'impianto che risulta in grado di trattare fino a 80 m³/h.

Dal punto di vista delle filiere di trattamento, sono previste le seguenti sezioni:

- Sollevamento delle acque (in arrivo dai pozzi di emungimento e dal dreno a tergo del marginamento)
- 1° step di trattamento
 - pozzetto di dosaggio reagenti (cloruro ferrico o reagente acido/basico e polielettrolita) e coagulazione
 - camera di flocculazione attrezzata con elettromiscelatore sommergibile (Mixer)
 - sedimentazione e sfioro verso la vasca successiva
- 2° step di trattamento
 - camera di dosaggio reagenti (acido/base) e flocculazione, attrezzata con elettromiscelatore sommergibile (Mixer)
 - sedimentazione e sfioro verso la vasca successiva
- Vasca di neutralizzazione attrezzata con elettromiscelatore sommergibile (Mixer);
- Invio finale al sistema PIF

La tipologia ed il dosaggio dei reagenti dovranno essere verificati mediante test pilota da effettuarsi in fase di taratura del processo di trattamento.

Tale sistema ha carattere provvisorio e verrà utilizzato durante la fase di bonifica della falda, fintanto che le concentrazioni richiederanno la necessità di trattamento per l'accettabilità al sistema PIF.

In relazione al fatto che durante la fase di cantiere potrebbero esserci delle elevate torbidità delle acque, si prevede di inserire una fase di decantazione a pacchi lamellari precedentemente alle sezioni sopra descritte da utilizzarsi qualora se ne ritenesse necessario l'impiego in fase di trattamento.

I pacchi lamellari avranno, infatti, la funzione di permettere la decantazione dei solidi sospesi che saranno presenti nelle acque in particolare nella prima fase dell'intervento. Qualora ne siano verificate le condizioni sarà possibile bypassare questa prima sezione di trattamento ed inviare l'acqua direttamente alle sezioni successive.

L'acqua in uscita dal trattamento sarà conferita tramite una tubazione al sistema PIF:

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
			00	Luglio 2011

Chiariflocculazione

Tale sezione comprende una prima vasca di dimensioni in pianta ~5x4 m per un volume minimo di 50 m³, nella quale vengono dosati:

- Cloruro ferrico, quale reagente coagulante nella destabilizzazione dei colloidali
- Idrossido di sodio, quale reagente neutralizzante-alcinizzante per la precipitazione di metalli pesanti e altri microinquinanti.

Entrambi i reagenti sono stoccati in serbatoi in PE da 10 m³; una volta dosati correttamente vengono adeguatamente dispersi in acqua tramite agitazione effettuata con un miscelatore sommergibile in acciaio inox.

Successivamente è prevista un'ulteriore vasca di decantazione dove si depositano i fanghi dal processo di chiariflocculazione che vengono periodicamente prelevati tramite benna e successivamente smaltiti. Le acque chiarificate invece vengono prelevate da una pompa centrifuga autoadescante e trasferite in una terza vasca di neutralizzazione dove può essere eventualmente corretto il valore di pH, tramite il dosaggio di acido solforico.

Infine, le acque passano in una quarta vasca di accumulo, in grado di contenere il volume giornaliero afferente all'impianto.

Sezione di filtrazione

Dalla quarta vasca si hanno due linee di filtrazione in grado di trattare fino a 80 m³/h. Ciascuna linea è composta da:

- un filtro a sabbia, per rimuovere i solidi in sospensione
- un filtro a carbone attivo, per adsorbire le sostanze organiche disciolte
- un filtro a resina selettiva per la rimozione dell'As (finissaggio)

Per i filtri sono previste delle fasi di contro lavaggio, per evitare la formazione di vie preferenziali sul letto in sabbia e rimuovere i solidi trattenuti. Gli eluati prodotti sono inviati alla vasca di decantazione della sezione di trattamento chimico-fisico.

L'acqua in uscita dal filtro a resina viene inviata ad un serbatoio di accumulo finale di 30 m³. Tale serbatoio è munito di un troppo pieno che scarica le acque trattate al pozzetto di prelievo campioni posizionato a piè serbatoio e quindi allo scarico ai B3 del sistema PIF.

Si faccia riferimento alle tavole di progetto per maggiori dettagli.

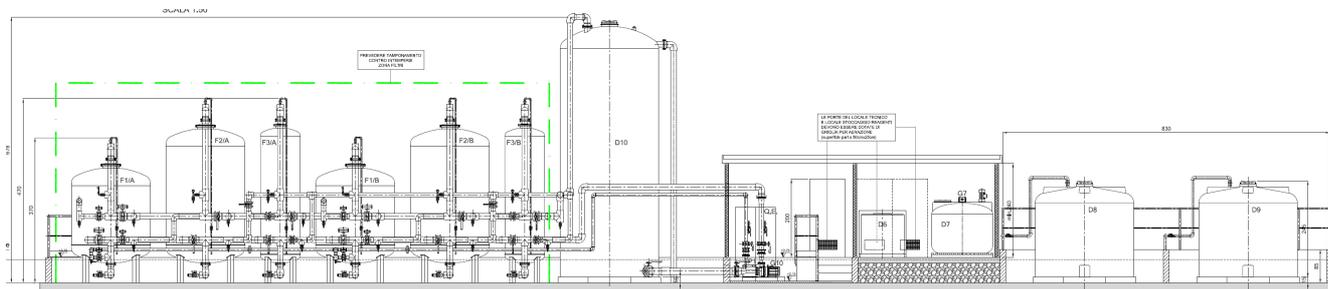


Figura 4-10 Estratto dalla tavola C.15 -impianto di trattamento acque

4.6.3. Destino finale delle acque emunte

L'invio al sistema PIF sarà accertato in relazione alle analisi effettuate ed inoltre ai quantitativi giornalieri che dovranno essere inviati al sistema dei B3.

Dai dati di caratterizzazione (2005÷2009) si osserva come le acque non possano essere direttamente inviate alla linea B3: dopo il sistema di trattamento si prevede l'analisi per la verifica dell'accettabilità e l'invio al sistema PIF.

La verifica dell'uniformità alla linea B3 del PIF viene eseguita attraverso il confronto con i limiti riportati nella tabella seguente.

Le frequenze di campionamento sono meglio specificate nella relazione A.7 "Programma di gestione rifiuti". In ogni caso risultano sincrone ai campionamenti previsti nei pozzi durante la fase di MISE e nella successiva bonifica della falda.

Tabella 4-5 Reflui B3 - Limiti di accettabilità

PARAMETRO	u.m.	VALORE
Temperatura	°C	40
pH	-	6-9
Conducibilità	µS/cm	35.000
Materiale grossolano	-	assente
Colore	-	Non percettibile con diluizione 1:40
Odore	-	Non molesto
Solidi sospesi totali	mg/l	35
BOD5	mg/l	150
COD	mg/l	600
fosforo totale	mgP/l	2
Azoto ammoniacale = TKN	mgN-NH4/l	45
Nitriti	mgN-NO2/l	0,6
Nitrati	mgN-NO3/l	30
cloro residuo	mg/l	0,2
Anioni		
Cloruri	mg/l Cl	15.000
Fluoruri	mg/l	3,2
Solfuri	mg/l	1,0
Solfati	mg/l SO4	1.600
Solfiti	mg/l	1,0

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
	rev.	data		
			00	Luglio 2011
Pag. 27 di 31 totali				

PARAMETRO	u.m.	VALORE
Cianuri	µg/l	5,0
Metalli		
Alluminio	µg/l Al	200
Arsenico	µg/l	50
Bario	µg/l	1.000
Boro	µg/l	2.000
Cadmio	µg/l Cd	5
cromo totale	µg/l Cr	100
cromo esavalente	µg/l	10
Ferro	µg/l Fe	2.000
Manganese	µg/l Mn	600
Mercurio	µg/l	2
Nichel	µg/l Ni	200
Piombo	µg/l Pb	50
Rame	µg/l Cu	50
Selenio	µg/l	30
Zinco	µg/l Zn	500
Composti organici		
grassi e oli	mg/l	1,0
idrocarburi totali	mg/l	0,35
aldeidi totali	mg/l	1,0
composti organici azotati	mg/l	0,1
tensioattivi totali	µg/l	2.000
fenoli totali	µg/l C6H5OH	250
tot solventi organoalogenati	µg/l	2.000
tot solventi organici aromatici	µg/l	200
pesticidi totali	µg/l	50
pesticidi organofosforati	µg/l	100
IPA (1)	µg/l	5
Diossine	pg/l (TE)	20
PCB	µg/l	(2)
pesticidi organoclorurati	µg/l	(2)
tributilstagno	µg/l	(2)

(1) sommatoria dei seguenti composti: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(ghi)perilene, crisene, dibenzo(ah)antracene, indeno(1,2,3-cd)pirene;

(2) inferiore al limite di rilevabilità come prescritto dal DM 30/07/1999 tabella B

4.6.4. Gestione delle acque dell'area darsena

La gestione delle acque dell'area darsena durante la fase di messa in sicurezza e bonifica e di realizzazione delle darsene, necessita di alcune considerazioni che vengono riportate successivamente:

1. l'attuazione degli interventi di MISE in falda agiranno dove le criticità sono più marcate, a beneficio anche di ciò che alimenta oggi il plume di contaminazione che sia nel riporto, sia in prima falda gira verso il canale Malamocco-Marghera;
2. la realizzazione del perimetro del marginamento eviterà ulteriori ricariche delle falde contaminate
3. la bonifica prioritaria degli spessori sommitali sottrarrà alla falda la contaminazione primaria

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		<i>Commessa: M0048PD</i>	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
	00	Luglio 2011		
	<i>Pag. 28 di 31 totali</i>			

4. il controllo della torbidità nella fase di dragaggio escluderà versamenti di particelle sospese
5. il trasferimento del materiale in strutture variamente confinate (cassa di colmata Molo Sali, isola delle Tresse) eviterà che le acque degli spessori eventualmente ancora contaminati producano effetti sull'ambiente
6. le acque degli spessori "entro A" Prot. '93 non sono da considerarsi critiche
7. la caratterizzazione integrativa dei fanghi (sotto quota 0.0 m s.m.m) in area darsena per l'affinamento delle informazioni analitiche in base al Protocollo '93 verrà effettuata in situ, tramite la realizzazione di ulteriori 27 verticali di sondaggio, per il prelievo di 216 campioni ciascuno rappresentativo di 3000 m³ di scavo. La destinazione dei fanghi viene individuata in fase precedente allo scavo senza l'ulteriore transito in area di caratterizzazione, che ne comporterebbe anche la necessaria gestione delle acque.

In base alle precedenti considerazioni, non si ritengono necessarie delle gestioni particolari delle acque dell'area delle darsene.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
			<i>rev.</i>	<i>data</i>
			00	Luglio 2011
			Pag. 29 di 31 totali	

5. PIANO DI MONITORAGGIO

5.1. Acque

5.1.1. Monitoraggio acque emunte

Si prevede un controllo della qualità delle acque emunte dal sistema di pozzi secondo le frequenze stabilite nella tabella successiva, ai fini della verifica della diminuzione della concentrazione entro limiti di tollerabilità (come già definito precedentemente entro le soglie della concentrazione definita "hot spot").

Le analisi verranno condotte su un campione prelevato direttamente nei singoli piezometri. I parametri da ricercare sono quelli inclusi nella tabella 2, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii. che hanno evidenziato dei superamenti nel corso delle campagne del 2005 e del 2009.

In alcuni casi sono state incluse le intere famiglie di composti, anche se non necessariamente tutti i parametri inclusi in esse hanno dato evidenza di superamenti.

La frequenza dei controlli viene distinta nei primi 4 mesi di messa in sicurezza della falda e per i successivi 4.

L'elenco dei parametri e la frequenza dei monitoraggi sono riportati in Tabella 5-1.

Tabella 5-1 Parametri monitorati per le acque di falda

<i>Parametro</i>	<i>Frequenza di monitoraggio primi 4 mesi di MISE</i>	<i>Frequenza di monitoraggi successivi 4 mesi di MISE</i>
Temperatura	mensile	bimestrale
Conducibilità	mensile	bimestrale
pH	mensile	bimestrale
BOD5	mensile	bimestrale
COD	mensile	bimestrale
Idrocarburi Policiclici Aromatici		
Benzo(a)antracene,	mensile	bimestrale
Benzo(a)pirene,	mensile	bimestrale
Benzo(b)fluorantene,	mensile	bimestrale
Benzo(k)fluorantene,	mensile	bimestrale
Benzo(g,h,i)perilene,	mensile	bimestrale
Crisene,	mensile	bimestrale
Dibenzo (a,e) pirene,	mensile	bimestrale
Dibenzo (a,h) antracene,	mensile	bimestrale
Indenopirene,	mensile	bimestrale
Pirene	mensile	bimestrale
Sommatoria policiclici aromatici	mensile	bimestrale
Metalli		
Ferro	mensile	bimestrale
Manganese	mensile	bimestrale
Alluminio	mensile	bimestrale
Antimonio	mensile	bimestrale

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commissa: M0048PD	
			rev.	data
			00	Luglio 2011
			Pag. 30 di 31 totali	

<i>Parametro</i>	<i>Frequenza di monitoraggio primi 4 mesi di MISE</i>	<i>Frequenza di monitoraggi successivi 4 mesi di MISE</i>
Argento	mensile	bimestrale
Arsenico	mensile	bimestrale
Berillio	mensile	bimestrale
Cobalto	mensile	bimestrale
Rame	mensile	bimestrale
Cadmio	mensile	bimestrale
Cromo totale	mensile	bimestrale
Cromo VI	mensile	bimestrale
Mercurio	mensile	bimestrale
Nichel	mensile	bimestrale
Piombo	mensile	bimestrale
Selenio	mensile	bimestrale
Tallio	mensile	bimestrale
Zinco	mensile	bimestrale
Stagno	mensile	bimestrale
Vanadio	mensile	bimestrale
Altri parametri		
Boro	mensile	bimestrale
Cianuri liberi	mensile	bimestrale
Nitriti	mensile	bimestrale
Solfati	mensile	bimestrale
Fluoruri	mensile	bimestrale
Alifatici clorurati cancerogeni		
Clorometano,	mensile	bimestrale
Triclorometano,	mensile	bimestrale
Cloruro di vinile,	mensile	bimestrale
1,2 - Dicloroetano,	mensile	bimestrale
1,1 - Dicloroetilene,	mensile	bimestrale

Si ammette che al momento del raggiungimento di concentrazioni inferiori alla soglia pari a 10 volte il limite di concentrazione della Tabella 5-1 la fase di MISE tramite l'emungimento dai piezometri possa essere concluso, anche in relazione a quanto stabilito dall'elaborato A.2 e a quanto stabilito nel §4.1.

5.1.2. Monitoraggio dai pozzi spia

Nella fase iniziale di MISE, lungo il lato sud del perimetro in concessione si prevede di realizzare tre pozzi spia (cfr. tavola C.12.3) in posizioni non interferenti con il layout degli edifici. L'ubicazione potrà essere soggetta a variazioni in funzione di eventuali cambiamenti dell'ingombro dei futuri edifici della piattaforma logistica Fusina.

Inoltre, come specificato dopo la realizzazione degli edifici si prevede di costruire ulteriori 5 pozzi spia lungo il lato interno degli edifici stessi, anche per evitare richiami esterni di acque e avere un controllo effettivo (se giudicato necessario) solamente delle acque interne.

	PIATTAFORMA LOGISTICA FUSINA PROGETTO DI BONIFICA Interventi previsti sulle acque		Commessa: M0048PD	
			rev.	data
			00	Luglio 2011
			Pag. 31 di 31 totali	

La realizzazione dei pozzi viene effettuata cautelativamente con l'obiettivo di monitorare eventuali migrazioni nella contaminazione relazionate a cambiamenti nella direzione del gradiente idraulico, che potrebbero essere causate dalla ricollocazione dei terreni nell'area retroportuale, ovvero alla costruzione degli edifici della piattaforma logistica.

Si prevede di effettuare delle analisi trimestrali dei parametri chimici già definiti in Tabella 5-1 su tre dei pozzi spia del lato sud ed inoltre delle analisi dei livelli piezometrici su tutti gli otto pozzi spia (5 interni agli edifici e 3 lato sud), per complessivi tre anni di monitoraggio in relazione alle tempistiche necessarie alla formazione dello strato di riporto e stabilizzazione e di realizzazione dei nuovi edifici.

5.2. Controlli da effettuarsi in fase operativa

Si faccia riferimento all'elaborato A.3 "Interventi sui suoli" per la definizione dei controlli per la verifica del funzionamento della rete di drenaggio e per la verifica dello stato dei piezometri.