

Eni S.p.A.

Divisione Refining & Marketing

Raffineria di Sannazzaro



RAFFINERIA DI SANNAZZARO

PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA

FASE 1

(Decreto del Dirigente U.O. Gestione Rifiuti Regione Lombardia. N. 37 del 08/01/04)

Realizzazione delle opere e valutazioni preliminari

Maggio 2004

1 INTRODUZIONE	4
2 INTERVENTI DI BONIFICA	6
2.1 INTERVENTI DI BONIFICA INTERNI	6
2.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI IMPIANTI	7
2.3 PROVE IDRAULICHE E CARATTERIZZAZIONE IDROCHIMICA	7
3 INTERVENTI DI BONIFICA ESTERNI	11
3.1 INTERVENTI	11
3.2 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI	12
3.3 RISULTATI	12
4 BARRIERE BIOREATTIVE	15
4.1 REALIZZAZIONE DEI CAMPI PROVA	15
4.1.1 Campo prova A	15
4.1.2 Campo prova B	15
4.2 CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE	16
4.3 INSTALLAZIONE DELLE POSTAZIONI DI IMMISSIONE DELL'ORC®	16
5 MONITORAGGIO DEI CAMPI PROVA	19
5.1 CAMPO PROVA A	19
5.1.1 Rilievi piezometrici	19
5.1.2 Monitoraggio chimico	19
5.1.3 Monitoraggio mediante sonda multiparametrica	21
5.1.4 Prove di laboratorio per la caratterizzazione microbiologica	22
5.2 CAMPO PROVA B	22
5.2.1 Rilievi piezometrici	22
5.2.2 Monitoraggio chimico	22
5.2.3 Monitoraggio mediante sonda multiparametrica	24
5.2.4 Prove di laboratorio per la caratterizzazione microbiologica	25
5.3 ANALISI DEI RISULTATI	25
5.3.1 Installazione dei campi prova	25
5.3.2 Monitoraggio idrochimico	27
5.3.3 Caratterizzazione microbiologica e sperimentazione in laboratorio	28
5.3.4 Risultati attesi	29
5.4 ATTIVITÀ PROPOSTE	29
6 RISULTATI DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO	31
6.1 PIEZOMETRI FALDA FREATICA INTERNA	31
6.2 BARRIERE INTERNE	31
6.3 TRINCEA ESTERNA	32
6.4 PIEZOMETRI DI CONTROLLO DELLA DISCARICA DI RIFIUTI SPECIALI E POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	33
6.5 PIEZOMETRI FALDA FREATICA ESTERNA	33
6.6 PIEZOMETRI FALDA ARTESIANA SOTTOSTANTE E CIRCOSTANTE LO STABILIMENTO	34
7 PIANO DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DEI SERBATOI E DEI SISTEMI FOGNARI	35
7.1 INTERVENTI DI TIPO PREVENTIVO SUI SERBATOI DI STOCCAGGIO	35
7.2 CONTROLLI MEDIANTE ISPEZIONE	35
7.3 CONTROLLI CON EMISSIONE ACUSTICA	35
7.4 PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE	36
7.5 RETE FOGNARIA DI RAFFINERIA	36
7.6 IMPERMEABILIZZAZIONE (RELINING) FOGNE IN CALCESTRUZZO	36
7.7 FOGNE OLEOSE D'IMPIANTO	37
7.8 VERIFICA DI AFFIDABILITÀ DELLA TENUTA DEI SERBATOI MEDIANTE IL CONTROLLO DI LIVELLO	38
7.8.1 Metodologia adottata	38
7.8.2 Dati di partenza	38
7.8.3 Elaborazione dei dati	38
7.8.4 Analisi dei risultati	38
7.8.5 Conclusioni	39
8 CONCLUSIONI E VALUTAZIONI IN CORSO D'OPERA	40
9 PROROGA DELLE ATTIVITÀ	41

ALLEGATO 1 – Layout della barriera idraulica interna

Layout della barriera di protezione esterna

ALLEGATO 2 – Tavole da 1 a 7:

Tavola 1: Mappa campo prova A

Tavola 2: Mappa campo prova B

Tavola 3: Mappa ubicazione punti di monitoraggio acque

Tavola 4: Mappa di soglia Dicembre 2003

Tavola 5: Mappa di soglia Marzo 2004

Tavola 6: Mappa Isofreatiche Dicembre 2003

Tavola 7: Mappa Isofreatiche Aprile 2004

ALLEGATO 3 – Tabelle dei risultati analitici delle campagne di dicembre 2003 e marzo 2004

1 INTRODUZIONE

Premessa e scopo del documento

La Raffineria ENI di Sannazzaro, sita nei comuni di Sannazzaro de' Burgondi (PV) e Ferrera Erbognone (PV), ha avviato nel giugno 2000 il procedimento di "Bonifica Ambientale" ai sensi dell'Art. 9 del D.M. 471/99.

Nel giugno 2003 è stato consegnato alle PP.AA. il Progetto Preliminare di Bonifica (PPdB) che prevede l'attuazione di una serie d'interventi sulla falda (oggetto delle attività di contenimento e bonifica) mirati alla realizzazione di un sistema integrato di controllo e risanamento. Il PPdB prevede la segmentazione degli interventi per fasi successive (*progettazione per fasi*).

Nel gennaio 2004 la Raffineria ENI di Sannazzaro ha ottenuto l'autorizzazione all'attuazione delle opere previste dal Progetto Definitivo di Bonifica – Fase 1.

La prima fase di progettazione e realizzazione delle opere è costituita dal potenziamento della barriera idraulica interna (3° barriera) e dalla trincea di protezione esterna allo stabilimento.

Il presente documento costituisce "Relazione Tecnica di Avanzamento" relativa all'esecuzione delle opere previste dal "Progetto Definitivo di Bonifica – Fase I" per il potenziamento della barriera idraulica interna e della trincea di protezione esterna e ai risultati della sperimentazione relativa all'installazione di barriere Bioreattive basate su tecnologia ORC®.

Nella presente relazione sono inoltre illustrati i risultati delle campagne d'indagine idrochimica condotte nei periodi di dicembre 2003 e marzo 2004 secondo la pianificazione concordata con gli EE.PP.

Atti amministrativi – aggiornamento maggio '04

La pratica amministrativa relativa al D.M. 471/99 e si è svolta con il seguente iter:

15 Giugno 2000: Trasmissione dell'AgipPetroli Raffineria di Sannazzaro della comunicazione ai sensi degli art. 9 e 18 DM 471/99 alla R. Lombardia;

18 Settembre 2001: Richiesta della R. Lombardia della situazione di inquinamento rilevata che ha determinato l'avvio della procedura ai sensi degli art. 9 e 18 DM 471/99.

22 Ottobre 2001: Trasmissione alla R. Lombardia della situazione dell'inquinamento dei suoli rilevato durante le indagini effettuate nel 2000, illustrata nel documento avente come oggetto "Situazione dei suoli, sottosuoli acque sotterranee della raffineria di Sannazzaro, ed interventi di messa in sicurezza adottati per assicurare la tutela della salute e dell'ambiente".

8 Marzo 2002: Richiesta da parte di Regione Lombardia della presentazione di un piano per:

- Monitoraggio delle acque di falda comprensivo di MtBE e fenoli;
- Ulteriori indagini per terreno e falda in corrispondenza dell'impianto di depurazione;
- La verifica del dimensionamento del sistema di raccolta, stoccaggio e smaltimento delle acque meteoriche;
- Installazione di un sistema per il controllo in continuo della qualità delle acque di scarico;
- Un piano di caratterizzazione per i terreni coltivati a valle della scarpata fuori del recinto fiscale della Raffineria;
- I dati ambientali rilevati in occasione dell'incendio verificatosi in Raffineria il 15/11/01.

9 maggio 2002: Trasmissione agli Enti del piano di indagini integrative “*Proposta di indagine integrativa*”.

22 maggio 2002: Prima Conferenza di Servizi (art. 14 L. 78/90); ulteriore richiesta per la predisposizione di un protocollo analitico e di campionamento (concordato con ARPA); trasmissione degli elaborati progettuali relativi all'intervento di smaltimento rifiuti e bonifica di cui alla segnalazione della procura di Vigevano.

19 giugno 2002: Seconda Conferenza di Servizi: espressione di parere favorevole al piano di caratterizzazione e della documentazione integrativa; istituzione di un gruppo di lavoro per il coordinamento delle attività in atto sul sito.

15 luglio 2002: Emanazione del Decreto di approvazione del piano di caratterizzazione (R. Lombardia).

18 Febbraio 2003: Emanazione del decreto della Regione Lombardia per l'istituzione del “gruppo di lavoro di cui al decreto dirigenziale n° 13417 del 15/07/02”, relativo alle attività di monitoraggio e di coordinamento delle attività in atto sul sito di Sannazzaro.

Marzo 2003: Trasmissione agli Enti dei risultati delle indagini eseguite nell'area della Raffineria previste nel documento “*Proposta di Indagini integrative*”.

27 Marzo 2003: Riunione del gruppo di lavoro ed illustrazione dei risultati delle attività di caratterizzazione condotte nell'area della Raffineria.

13 Maggio 2003: Presentazione al gruppo di lavoro della “*Bozza di Progetto Preliminare*”.

Giugno 2003: Presentazione del *Progetto Preliminare di Bonifica*.

Giugno 2003 : Approvazione del *Progetto Preliminare di Bonifica*.

7 Novembre 2003: Discussione da parte del Gruppo di Lavoro costituito con Decreto regionale per il coordinamento delle attività in atto sul sito dei contenuti del documento “*Valutazioni preliminari al progetto definitivo di potenziamento della barriera idraulica interna e della trincea di protezione esterna*” trasmesso dalla Raffineria in data 20 Ottobre '03.

28 Novembre 2003: Presentazione del Progetto Definitivo di Bonifica Fase 1

8 Gennaio 2004: Approvazione del *Progetto Definitivo di Bonifica Fase 1*.

6 Febbraio 2004: Decreto del Dirigente UOGR della Regione Lombardia relativo all'esclusione da procedura di VIA delle Barriere di contenimento idraulico interne ed esterne alla Raffineria.

2 INTERVENTI DI BONIFICA

2.1 INTERVENTI DI BONIFICA INTERNI

La 3° barriera di protezione interna, oggetto delle attività di potenziamento attuate nell'ambito del PDdB – Fase 1, è posizionata nell'area meridionale di Raffineria e svolge un'azione di contenimento lungo un fronte con decorso SW-NE, perpendicolare alla direzione di deflusso della falda superficiale.

La barriera era costituita, prima dell'intervento, da 16 pozzi denominati S24÷S39.

Per garantire l'effettiva sovrapposizione degli effetti del pompaggio, anche in condizioni di parziale malfunzionamento di uno dei punti di captazione, sono stati installati di n° 4 pozzi aggiuntivi, a prolungamento del settore meridionale della barriera. I pozzi sono ubicati nelle immediate vicinanze dei piezometri PB1, PB4, PB5 e PB6, sono profondi 22 m, allineati con interasse di circa 25 m e sono denominati S40, S41, S42, S43.

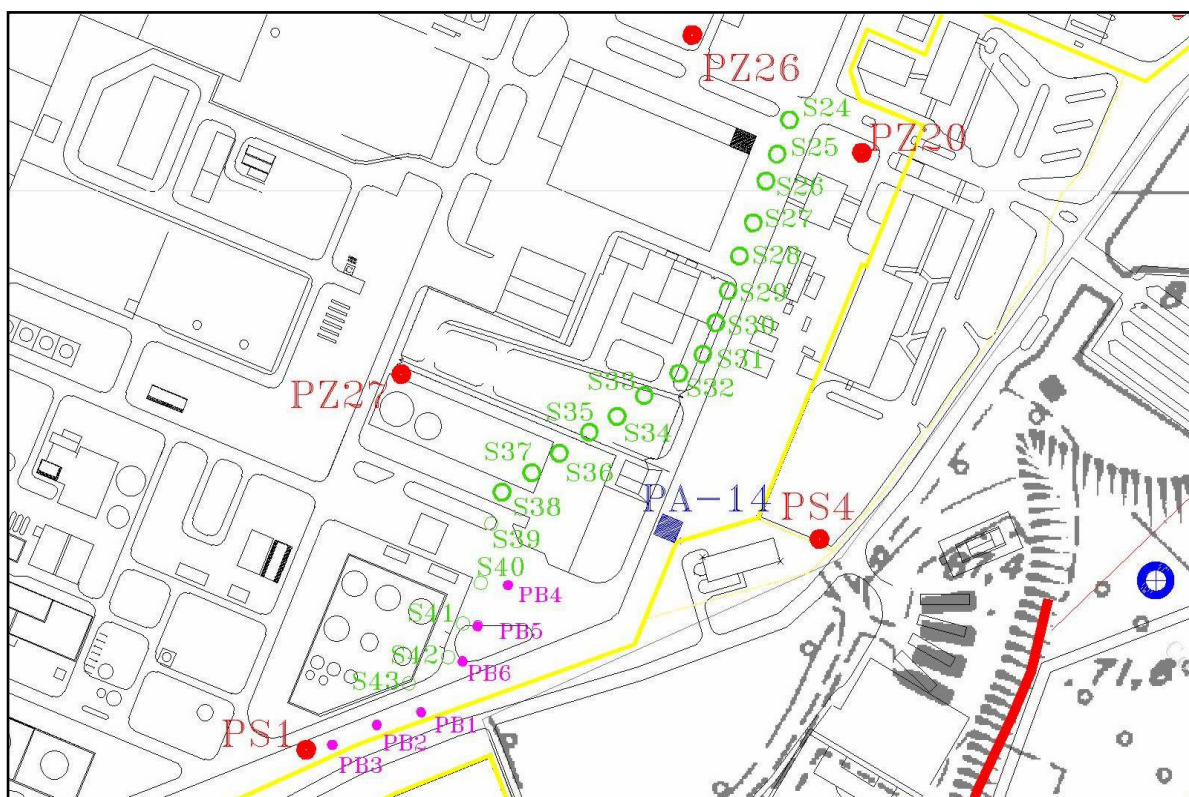


Fig. 1: Planimetria della terza barriera di protezione interna.

I pozzi di cui sopra, sono stati approntati nel periodo gennaio – febbraio 2004 e sono stati attivati a regime a partire da marzo 2004.

La portata di emungimento complessiva, calcolata per lo sbarramento della nuova tratta di acquifero interessata dal potenziamento del sistema, è di circa 6-7 l/s, con portate medie per ogni singolo pozzo di circa 1,7 l/s.

Sono attualmente in fase di svolgimento le misure piezometriche e le prove idrauliche necessarie alla corretta e definitiva calibrazione delle portate ottimali di emungimento. Tali attività vengono svolte mediante prove di pompaggio a gradini e lunga durata, eseguite sulle nuove opere ed i cui dati finali verranno utilizzati per le attività di taratura della strumentazione e per la gestione.

2.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI IMPIANTI

Le perforazioni sono state realizzate a distruzione di nucleo e gli schemi costruttivi sono allegati alla presente relazione.

I pozzi sono attrezzati con tubazioni in acciaio zincato DN 273 mm. Le fenestrate sono posizionate mediamente tra -8,5 m e -22 m circa da p.c. e sono costituite da filtri a spirale continua.

I pozzi sono attrezzati con pompe sommerse come da progetto definitivo; nell'Allegato 1 è inserito il layout dell'ubicazione pozzi e del sistema di collettamento della barriera idraulica interna.

Attualmente la 3° barriera interna risulta coprire un fronte di circa 470 m ed interessa l'acquifero per uno spessore di circa 11-12 m.

2.3 PROVE IDRAULICHE E CARATTERIZZAZIONE IDROCHIMICA

I primi risultati relativi all'estensione della 3° barriera interna riguardano i regimi di pompaggio e le caratteristiche idrochimiche delle acque che iniziano a pervenire agli impianti di contenimento.

Un esempio delle prove svolte per definire i regimi di pompaggio è presentato a seguire ed è riferito al pozzo di emungimento S43.

La prova di pompaggio a gradini (tre gradini di portata) è stata interpretata con una relazione semplificata ($s = BQ + CQ^2$) i cui risultati sono i seguenti:

s (m)	Q (l/s)	Q (mc/h)	BQ + CQ ² (m)	BQ/(BQ + CQ ²) Efficienza % teorica	BQ/s Efficienza % reale
0	0	0	0,000		
0,17	1,6(*)	5,76	0,167	97%	95%
0,25	2,4	8,64	0,255	95%	97%
0,42	3,8	13,68	0,414	93%	92%

(*) Portata di progetto

Dai risultati sopra esposti si è potuto osservare che il pozzo ha una resa molto elevata per portate vicine a quelle previste nel progetto.

La prova di pompaggio a lunga durata della quale è stata interpretata la tratta non stabilizzata di risalita ha permesso di ricavare i parametri dell'acquifero (trasmissività e coefficiente d'immagazzinamento) che sono risultati pari a circa 0,004 m²/s (T) e 8%-10% (Sy), valori tipici per acquiferi freatici costituiti da sabbie fini addensate alternate a limi.

Il computo del valore di coefficiente di conducibilità idraulica ($K = 3,6 \cdot 10^{-4}$ m/s) eseguito tenendo conto di uno spessore di acquifero fenestrato di circa 11 m conferma, migliorandoli leggermente, i modelli eseguiti in occasione della perforazione dei piezometri della serie PB. Il raggio d'influenza teorico risulta, per le portate d'esercizio previste, circa 30-35 m tale pertanto da garantire la sovrapposizione effettiva dei coni di abbassamento senza determinare l'impoverimento della falda freatica.

Dopo la realizzazione ed un primo assestamento di spurgo sono state eseguite, sui pozzi del nuovo ramo di barriera, le prime analisi. Il controllo è stato ripetuto nel mese di aprile 2004.

I risultati dei controlli (Tabella 1), evidenziano (in ambedue le campagne) la tendenza generale alla diminuzione della concentrazione dei contaminanti dal pozzo (S40) al pozzo (S43), ultimo della barriera.

Pozzo	mm/aa	Oli Minerali TPH – FTIR µg/l	Benzene µg/l	Toluene µg/l	Xileni totali µg/l	Etilbenzene µg/l	MtBE µg/l
S40	Feb 04	3945	4875	27	62	108	1570
S40	Apr 04	3925	3575	19	80	70	633
S41	Feb 04	840	1140	10	28	9	1570
S41	Apr 04	2485	910	8	14	10	1040
S42	Feb 04	883	126	5	3	4	808
S42	Apr 04	2680	227	5	10	4	604
S43	Feb 04	272	10	2	4	0,5	730
S43	Apr 04	1480	24	2	4	2	418
S43	Mag 04	1180	24	< 0.5	3	2	380

Tabella 1: Risultati delle campagne analitiche

La caratterizzazione chimica ha dimostrato l'adeguatezza del progetto, che prevedeva di prolungare la barriera nella zona ove sono stati installati i pozzi.

L'acqua emunta dal pozzo S43, pur rilevando una concentrazione relativamente alta di oli minerali, denota una decisa diminuzione degli aromatici, in particolare del benzene, rispetto agli altri pozzi.

Le campagne analitiche eseguite nel tratto di barriera in esame hanno rilevato che i TPH tendono uniformemente ad aumentare su tutti i pozzi di contenimento. Se il trend fosse confermato, l'aumento dei valori da febbraio ad aprile potrebbe essere collegato al naturale picco di concentrazioni (episodico e di scarsa rilevanza), generalmente illustrato in fase di attivazione delle barriere idrauliche.

Tale fenomeno richiede comunque una più attenta e prolungata attività di monitoraggio al fine di determinare, dopo l'attivazione iniziale, il reale trend di bonifica.

La rappresentazione delle concentrazioni degli idrocarburi (oli minerali), BTEX ed MtBE è mostrata in Fig. 2.

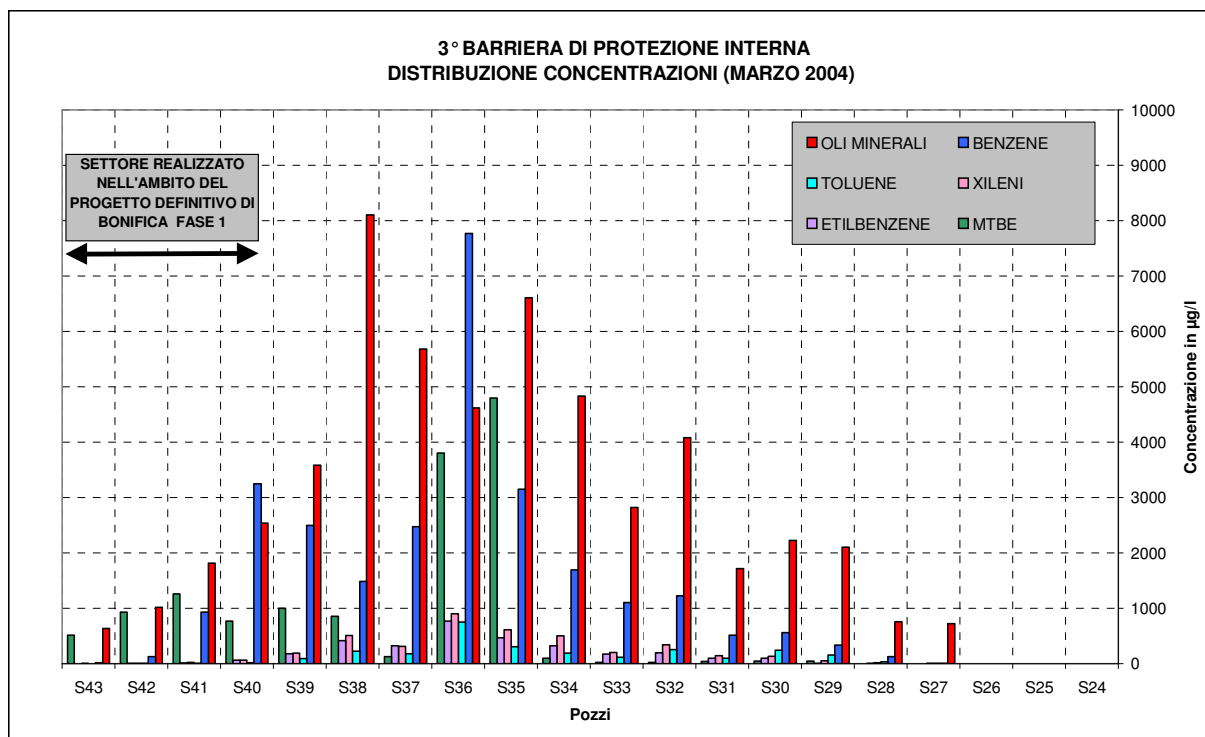


Fig. 2: Distribuzione delle concentrazioni sulla 3° barriera- Periodo marzo 2004

I piezometri della serie PB1-PB6 (Fig. 3), posti immediatamente a valle dei nuovi pozzi, sono interessati dalla presenza di BTEX, idrocarburi ed MtBE (Tabella 2). I piezometri da PB4 a PB6 (ramo interessato dall'estensione della barriera) presentano generalmente valori superiori alla CMA (Concentrazione Massima Ammissibile), mentre i piezometri della serie PB1-PB3 mostrano valori modesti e mediamente di molto inferiori a quelli riscontrati nella direzione PB4-PB6. Tali condizioni sono sovrapponibili a quanto riscontrato nell'ambito dei pozzi di contenimento posti a monte, inoltre è possibile considerare le postazioni da PB1 a PB6 idrochimicamente rappresentative della qualità delle acque nel retrocono di cattura del ramo di barriera di nuova costruzione.

I piezometri da PB1 a PB6 saranno inseriti, nell'ambito del programma di monitoraggio della falda, come elementi rappresentativi della qualità dell'acqua che perviene alla barriera di contenimento. In base ai risultati ottenuti saranno individuati, a partire dal settembre-ottobre 2004, i punti di controllo di efficienza del contenimento della tratta di barriera da S40 ad S43.

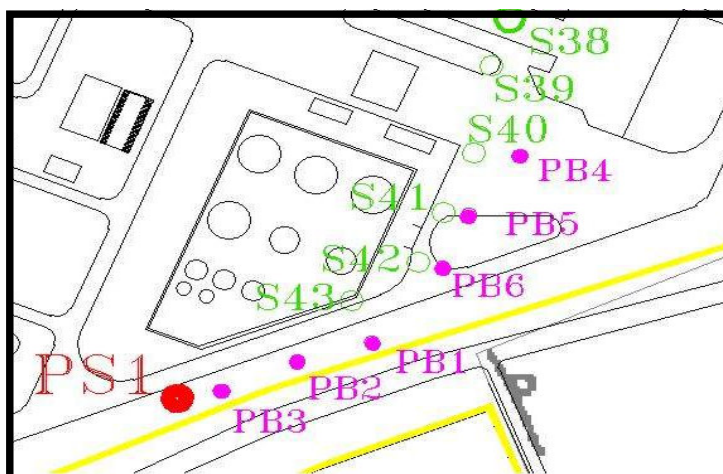


Fig. 3: Dettaglio ubicazione piezometri PB1-PB6

Le acque dei piezometri PB1, PB2 e PB3 presentano attualmente condizioni di esaurimento dei fenomeni di contaminazione; in particolare il piezometro PB3 può essere considerato posto all'esterno del fronte contaminato. Il piezometro PB2 è interessato dalla presenza di oli e di benzene, ma non dalla presenza di MtBE che fa la sua comparsa solo nel piezometro PB1, ubicato a sud del pozzo S43 e ed allineato alla serie PB4-PB6.

Piezometro	Data della campagna di monitoraggio		Oli minerali TPH-FTIR (µg/l)	Benzene (µg/l)	Toluene (µg/l)	Xileni (omp) (µg/l)	Etilbenzene (µg/l)	MtBE (µg/l)
PB4	2003	Settembre	173	94	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2400
		Dicembre	915	1	5	10	11	2320
	2004	Marzo/Aprile	2090	44	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2335
PB5	2003	Settembre	1050	94	2	2	1	970
		Dicembre	1560	688	15	19	4	980
	2004	Marzo/Aprile	103	355	< 0,5	< 0,5	< 0,5	3080
PB6	2003	Settembre	1110	25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	328
		Dicembre	2450	210	10	10	10	493
	2004	Marzo/Aprile	88	25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	920
PB1	2003	Settembre	28	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
		Dicembre	593	4	2	4	2	14
	2004	Marzo/Aprile	378	8	1	2	1	54
PB2	2003	Settembre	< 10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
		Dicembre	213	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
	2004	Marzo/Aprile	903	4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
PB3	2003	Settembre	< 10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
		Dicembre	15	3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5
	2004	Marzo/Aprile	< 10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 5

Tabella 2: Qualità acque PB1-PB6

3 INTERVENTI DI BONIFICA ESTERNI

3.1 INTERVENTI

Alla base della scarpata del terrazzo morfologico ubicato a sud dell'insediamento produttivo è in esercizio dalla metà degli anni '80 una trincea di protezione esterna che capta una linea di risorgive orientata SW-NE.

Per estendere l'azione di contenimento e bonifica anche all'MtBE sono stati realizzati due interventi coordinati: il potenziamento idraulico della captazione e un'azione di bonifica, costituita da un campo sperimentale di bioremediation, attualmente in esercizio.

In base a modelli e considerazioni svolte nel documento "Valutazioni preliminari al progetto definitivo di potenziamento della barriera idraulica interna e della trincea di protezione esterna", sono stati identificati natura, struttura, numero e collocazione delle opere (pozzi) che soddisfano la necessità di potenziare lo sbarramento idraulico della falda nella porzione di acquifero interessato dal nucleo del plume di MtBE, con lunghezza del fronte di captazione dell'opera di circa 100 m.

A tal fine è stata installata (Fig. 4) una barriera di pozzi di estrazione di piccolo diametro (4") costituita da n° 12 pozzi, di cui n° 3 già presenti in sito (PT1, PT2 e PT3) e n° 9 (ST1÷ST9) di nuova realizzazione.

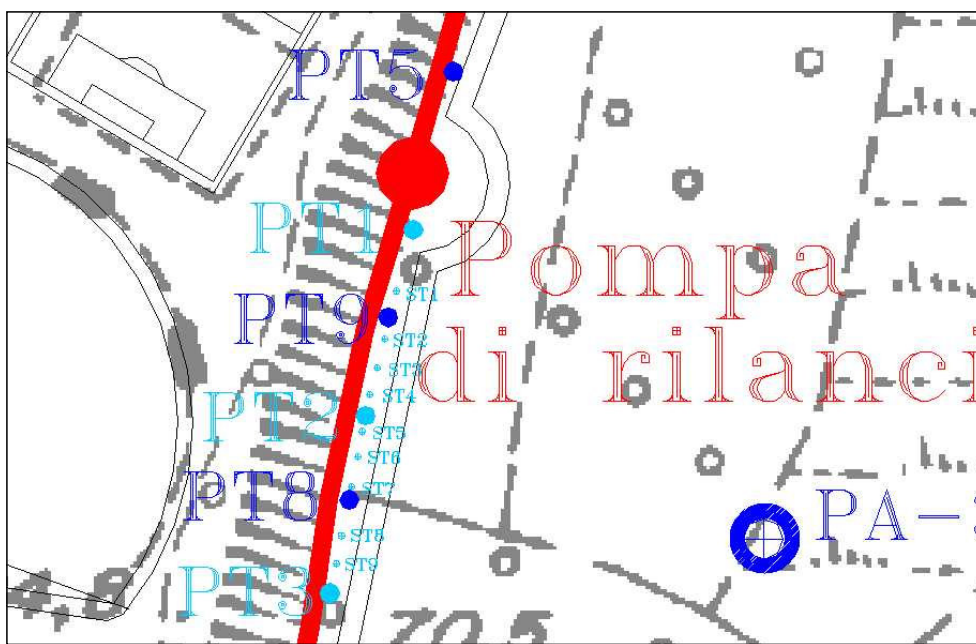


Fig. 4: Ubicazione piezometri PT1-PT3, ST1-ST9

Le attività di perforazione e l'installazione delle opere idrauliche, civili ed elettromeccaniche si sono concluse nel febbraio 2004.

La portata di emungimento di ogni pozzo è in fase di regolazione ed assestamento. Lo scopo finale della regolazione è di distribuire le portate in modo da consentire la massima captazione d'inquinante nell'area centrale della barriera, mantenendo tra i pozzi livelli dinamici tali da interrompere il flusso in corrispondenza del nucleo del plume.

Attualmente ed in base alle analisi condotte nel marzo 2004 il nucleo del plume è localizzabile tra ST9 ed ST7 e, pertanto, su tali punti si avranno le massime portate di emungimento.

3.2 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

I nuovi pozzi sono stati realizzati in gran parte a distruzione di nucleo, con diametro di perforazione circa 178 mm, ad esclusione degli ultimi metri di perforazione ove si è perforato a carotaggio continuo, ubicando con elevato grado di precisione la posizione dei primi strati impermeabili e completando i pozzi con tratte fenestrate, posizionate a partire da - 5 m dal p.c., sino alla base dell'acquifero, al tetto di un orizzonte impermeabile che funge da acquicludo rispetto all'acquifero inferiore che non è interessato da fenomeni di contaminazione.

Le perforazioni sono attrezzate con tubazioni in PVC DN 4" e le fenestrature sono posizionate mediamente tra i 4-5 ed i 23 m da p.c.

I pozzi della barriera sono stati collocati ciascuno in una cameretta avampozzo costituita da elementi in cemento armato prefabbricati 100x100x100 cm³ con coperchio carrabile per traffico pesante.

La testa di ogni pozzo è collegata, attraverso un tappo a tenuta, alle condutture di adduzione. Ogni pozzo è attrezzato con contatore istantaneo e totalizzatore meccanico ad elica, rubinetto di presa campione e apposita valvola per la misurazione di livello.

Le acque emunte vengono coltate ad una tubazione manifold a gravità, costituita da tubi in PVC aventi diametro 250 mm. I tubi sono interrati a profondità variabili da 40 a 100 cm da p.c. La tubazione è connessa ad un pozzetto di presa, dal quale una pompa provvede all'invio verso il sistema di rilancio già in opera per la trincea di protezione esterna.

In Allegato 1 è inserito il layout dell'ubicazione pozzi e del sistema di collettamento della barriera di protezione esterna.

I pozzi non sono attrezzati con pompe di sollevamento, l'acqua della falda superficiale è dotata di un certo grado di artesianità e tende già in modo spontaneo a risalire in superficie, con portate naturali di gran lunga maggiori rispetto a quelle previste per il contenimento.

3.3 RISULTATI

A seguito è rappresentato il profilo dei livelli dinamici nei pozzi realizzato variando le portate di emungimento per ogni pozzo.

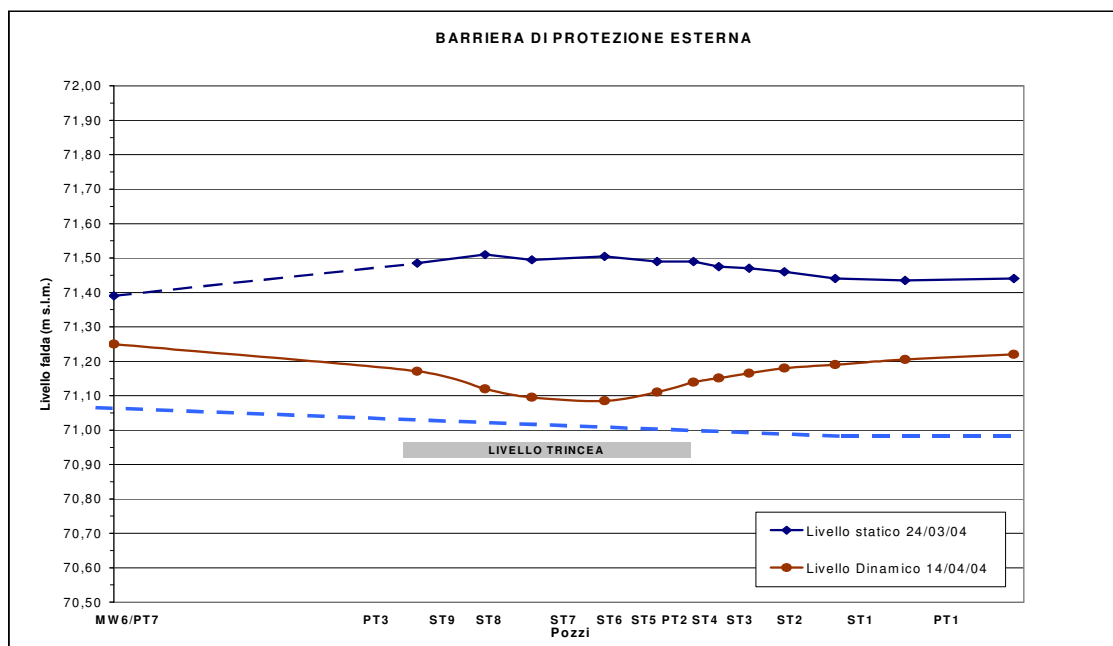


Fig. 5: Profilo dei livelli dinamici dei pozzi della barriera di protezione esterna

La barriera è in attività dal mese di marzo ed è stata sottoposta a due campagne di monitoraggio, la prima prevista dal progetto (29/30 marzo 2004) e la seconda dopo la fase d'impostazione delle portate (16 aprile 2004). Nella tabella seguente sono riportati i valori di concentrazione di MtBE rilevati nelle due campagne. Sono assenti (al di sotto dei valori soglia di rilevabilità) gli oli minerali (TPH-FTIR), mentre la comparsa di benzene su PT3 e PT7 ha avuto carattere episodico.

Pozzo	30 Marzo 2004		16 Aprile 2004		Portata media l/s
	MtBE µg/l	BENZENE µg/l	MtBE µg/l	BENZENE µg/l	
PT7	18	3	< 5	< 0,5	-
PT3	250	2	272	< 0,5	0,45
ST9	315	< 0,5	373	< 0,5	0,66
ST8	293	< 0,5	330	< 0,5	0,57
ST7	206	< 0,5	263	< 0,5	0,71
ST6	210	< 0,5	210	< 0,5	0,32
ST5	198	< 0,5	268	< 0,5	0,27
PT2	213	< 0,5	210	< 0,5	0,44
ST4	187	< 0,5	177	< 0,5	0,24
ST3	145	< 0,5	148	< 0,5	0,31
ST2	105	< 0,5	94	< 0,5	0,07
ST1	30	< 0,5	21	< 0,5	0,13
PT1	12	< 0,5	11	< 0,5	0,10
Totale portata media					4,3

Tabella 3: Concentrazioni di MtBE e Benzene nelle campagne analitiche marzo-aprile 2004

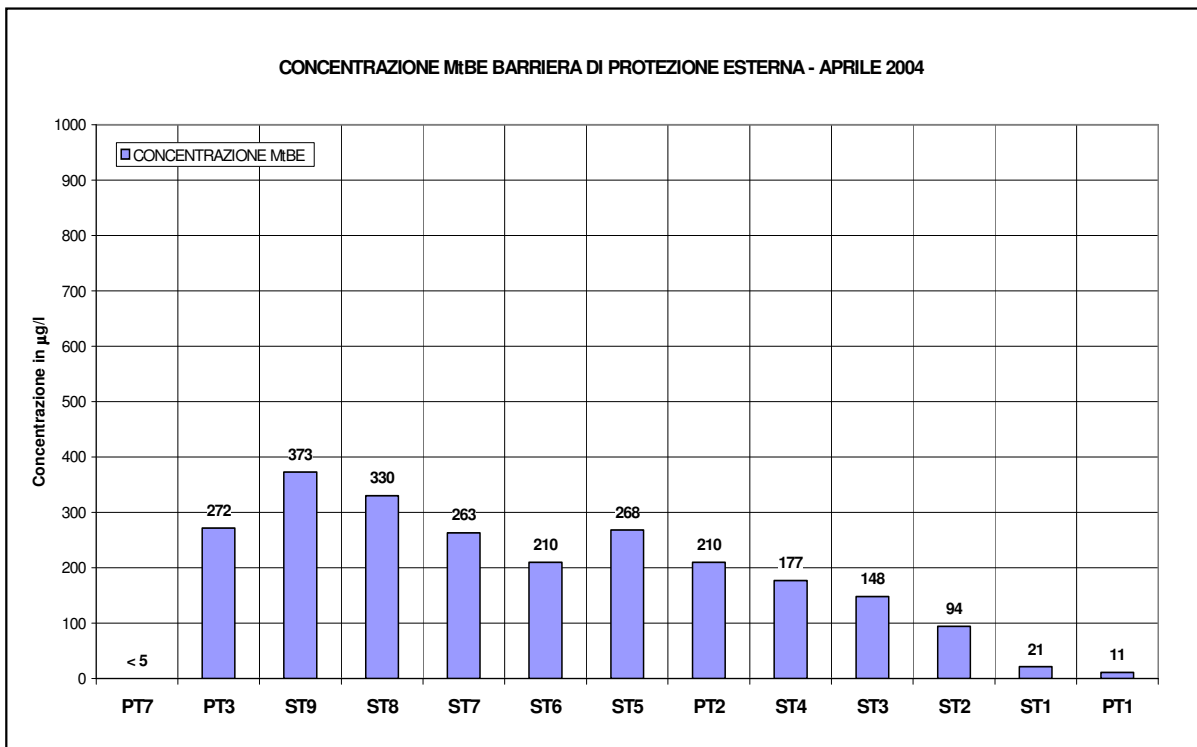


Fig. 6: Concentrazioni di MtBE - Barriera di protezione esterna

Il nucleo del plume di MtBE risulta posizionato nell'ambito dell'intervallo da PT3 a PT2 quindi è comunque confermato il primo modello di captazione anche se con variazioni marginali che verranno controllate nel tempo; le portate emunte dai pozzi sono regolate al fine di captare tale nucleo e verranno controllate e/o variate periodicamente per adeguarsi alle diverse configurazioni del regime piezometrico locale.

La portata totale emunta dalla barriera con la configurazione di cui alla presente relazione è di circa 4,5 l/s con asportazione complessiva di circa 4,2 g di MtBE al giorno.

Al fine di evitare, all'interno della barriera, fenomeni di richiamo di acque attualmente emunte dalla trincea di protezione esterna il profilo dinamico della barriera verrà sempre tenuto ad una quota superiore rispetto al livello statico presente in trincea. Ciò consente il mantenimento di una contropendenza di gradiente che impedisce la commistione di acque più superficiali (captate dalla trincea) ed acque più profonde (captate dalla barriera).

4 BARRIERE BIOREATTIVE

Il presente capitolo costituisce una sintesi della relazione integrale *"Installazione e gestione di campi sperimentali di bioremediation con tecnologia ORC® - Stato di avanzamento lavori"*, realizzata dalla società TRS Servizi Ambiente s.r.l., che con il supporto tecnico di Regenesi Bioremediation Products Inc. ha eseguito i lavori nel periodo novembre 2003 – aprile 2004.

Il presente capitolo descrive nel dettaglio le attività intraprese all'interno dei campi sperimentali. Riporta inoltre:

- risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di acqua di falda;
- valutazione critica dei risultati ottenuti;
- proposte tecniche per eventuali interventi futuri.

Nel periodo compreso tra il 26 novembre 2003 e il 15 aprile 2004 sono state svolte dalla società TRS Servizi Ambiente s.r.l. le attività d'installazione e gestione di n°2 campi sperimentali di bioremediation con tecnologia ORC® presso la Raffineria di Sannazzaro de'Burgondi (PV); esse sono state suddivise in quattro fasi principali:

- installazione dei campi prova;
- caratterizzazione preliminare;
- installazione delle postazioni di immissione di ORC®;
- monitoraggio dei campi prova.

4.1 REALIZZAZIONE DEI CAMPI PROVA

Entrambi i campi sperimentali individuati sono costituiti da una serie di piezometri localizzati come riportato nell'Allegato 2 in Tavola 1 e Tavola 2 utilizzati per l'immissione dell'ORC® (I1 – I6 e I7 – I10) o per il monitoraggio (MW1 – MW4 e MW5 – MW6).

4.1.1. Campo prova A

I piezometri di rilascio, denominati I1-I6, sono stati disposti secondo una configurazione parallela alla barriera idraulica, con interasse pari a 5 m.

Il piezometro di monte MW1 è stato ubicato ad una distanza di 4 m dalla linea di immissione dell'ORC®, lungo la direttrice del pozzo S36.

Questo ha portato ad avvicinare il punto di monitoraggio MW4 di 3 m rispetto alla posizione originaria.

Tutti i piezometri sopra indicati sono stati realizzati con le seguenti caratteristiche:

- modalità di perforazione: distruzione di nucleo
- diametro tubi: 4"
- profondità raggiunta: 35 m da p.c.
- completamento: tubo cieco tra 0 e -9 m da p.c.
tubo fenestrato da -9 e -35 m da p.c.

4.1.2 Campo prova B

D'accordo con il Committente, si è scelto di sostituire il piezometro di monitoraggio MW5 con il già esistente PT7.

I piezometri di rilascio, denominati I7-I10, sono stati disposti con interasse pari a 5 m; fa eccezione l'interasse tra I9 e I10, pari a 7 m.

Tutti i piezometri del campo sono stati realizzati con le seguenti caratteristiche:

- diametro tubi: 4"
- profondità raggiunta: 23 m da p.c.
- completamento: tubo cieco tra 0 e -5 m da p.c.
tubo fenestrato da -5 e -23 m da p.c.

4.2 CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE

Campo prova A

Definizione delle caratteristiche idrogeologiche

Il valore di conducibilità idraulica calcolato mediante le prove eseguite in campo è:

- $K = 1,4 \cdot 10^{-4}$ m/s

Definizione della base-line di riferimento

Nel campo sperimentale A sono state realizzate due differenti campagne di analisi per definire la base-line di riferimento con prelievo di campioni in corrispondenza dei piezometri di immissione e di monitoraggio. Su ogni campione di acqua prelevato sono state effettuate determinazioni analitiche rispetto ai seguenti parametri:

- MtBE;
- composti organici aromatici (BTEX);
- oli minerali (TPH).

Campo prova B

Definizione delle caratteristiche idrogeologiche

Il valore di conducibilità idraulica calcolato mediante le prove eseguite in campo è:

- $K = 1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Definizione della base-line di riferimento

Nel campo sperimentale B sono stati prelevati campioni di acqua in corrispondenza del piezometro di immissione I8, alle seguenti profondità dal pelo libero (ca. 0.4 m da p.c.): 5-8, 8-15 e 15-22.6 m.

Su ogni campione di acqua prelevato è stata effettuata la determinazione analitica in laboratorio del parametro MtBE.

Inoltre sono stati misurati in campo, mediante sonda multiparametrica, i seguenti parametri: pH, temperatura, ossigeno disciolto, potenziale redox (ORP), conduttanza specifica, salinità.

4.3 INSTALLAZIONE DELLE POSTAZIONI DI IMMISSIONE DELL'ORC®

Campo prova A

Basandosi su valori di contaminazione estrapolati dai dati ricavati dalle barriere di protezione, è stata preliminarmente calcolata la quantità stechiometrica di ORC® da utilizzare nell'area del campo sperimentale. La successiva caratterizzazione chimica delle acque dei punti di misura (I1÷I6) ha rilevato grande variabilità nella concentrazione degli inquinanti, con valori trascurabili in corrispondenza del punto I6 e decisamente elevati in corrispondenza del punto I1, posto a pochi metri di distanza. La configurazione della barriera di immissione non è stata tale da permettere, laddove si sono riscontrate le più alte concentrazioni, di immettere la quantità di ORC® necessaria. Si è pertanto

ritenuto di posizionare il massimo numero di socks possibile per ogni intervallo di profondità, laddove non era possibile inserire quantitativi pari a quelli stechiometrici.

In Tabella 4 è riportata la configurazione definitiva di installazione dei socks all'interno dei piezometri di immissione; le quantità immesse per metro lineare sono confrontate con quelle calcolate stechiometricamente. La discordanza tra il quantitativo stechiometrico ed il quantitativo immesso risulta molto marcata nelle postazioni I1 e I2 (0 – 8 m dal pelo libero), mentre nelle postazioni I3, I4, e I5 tali valori si discostano meno; in I6 è invece stato possibile inserire pressoché la quantità totale di ORC® calcolata stechiometricamente.

Tabella 4: Campo A - configurazione di immissione dell'ORC® nei piezometri. Ogni sock contiene 1,14 kg di ORC® (Il pelo libero è localizzato a circa 13 m di profondità da p.c.).

Piezometri	Profondità dal pelo libero [m]	Numero di socks	Quantità stechiometrica di ORC necessaria [kg/m]	Quantità di ORC® immessa [kg/m]
I1-I2	0-2	6	55.28	3.42
	2-5	9	55.28	3.42
	5-8	9	55.28	3.42
	8-15	21	2.37	3.42
	15-22	21	2.37	3.42
I3-I4	0-2	6	19.05	3.42
	2-5	9	19.05	3.42
	5-8	9	19.05	3.42
	8-15	14	2.24	2.28
	15-22	7	2.24	1.14
I5	0-2	6	27.54	3.42
	2-5	9	27.54	3.42
	5-8	9	27.54	3.42
	8-15	7	0.47	1.14
	15-22	4	0.47	0.65
I6	0-2	6	5.2	3.42
	2-5	6	5.2	2.28
	5-8	6	5.2	2.28
	8-15	7	0.43	1.14
	15-22	3	0.43	0.49

Campo prova B

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini di base-line è stata calcolata la quantità stechiometrica di ORC[®] necessaria che è risultata, in questo caso, simile a quella stimata in fase di progettazione.

In Tabella 5 è riportata la configurazione definitiva di installazione dei socks all'interno dei piezometri di immissione; le quantità immesse per metro lineare sono confrontate con quelle calcolate stechiometricamente. Si osserva che per quasi tutti gli intervalli di immissione la quantità introdotta per metro lineare è leggermente superiore a quella stechiometrica; ciò è determinato dalle approssimazioni relative alla quantità di ORC[®] contenuta in ogni singolo sock.

Tabella 5 : Campo B-configurazione di immissione dell'ORC[®] in ciascun piezometro. Ogni sock contiene 1,14 kg di ORC[®] (Il pelo libero è localizzato circa a 0.5 m di profondità da p.c.).

Piezometro	Profondità dal pelo libero [m]	Numero di socks	Quantità stechiometrica di ORC necessaria [kg/m]	Quantità di ORC immessa [kg/m]
I7 – I10	5-8	2	0.25	0.76
	8-15	2	0.4	0.33
	15-22,5	3	0.43	0.49

5 MONITORAGGIO DEI CAMPI PROVA

5.1 CAMPO PROVA A

5.1.1 Rilievi piezometrici

Durante la realizzazione dei campi sperimentali sono stati effettuati rilievi piezometrici a cadenza circa mensile, al fine di individuare la direzione di deflusso della falda in corrispondenza del campo prova ed eventuali variazioni nel tempo.

L'andamento freaticometrico rilevato a dicembre 2003 ha evidenziato una direzione di deflusso, all'interno del campo prova A, deviata di ca. 60° in senso antiorario rispetto a quella ipotizzata in fase progettuale. Nei mesi successivi la direzione di deflusso si è gradualmente riportata nelle condizioni di progetto. Infatti la piezometria misurata nei giorni 22 aprile e 4 maggio indica una direzione media di deflusso all'interno del campo A parallela a quella ipotizzata inizialmente.

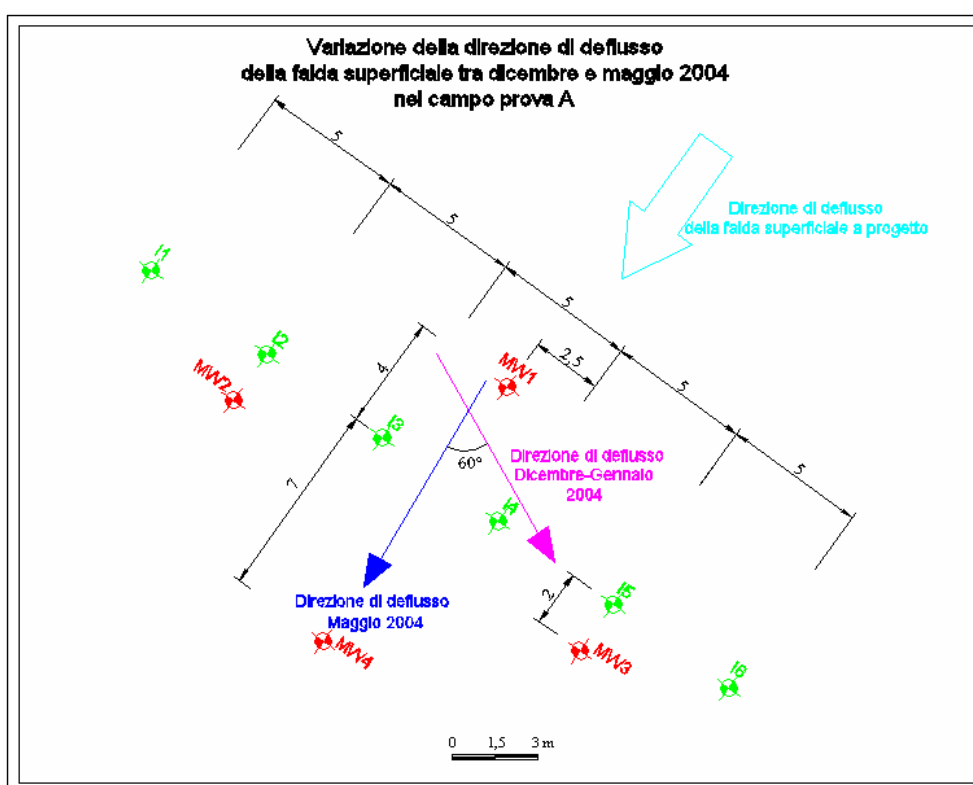


Fig.7 : Campo prova A - Variazioni della direzione di deflusso della falda tra gennaio e maggio 2004

Anche il gradiente idraulico è risultato variabile, nel periodo considerato, tra valori di 0.25% in dicembre e 0.75% in aprile.

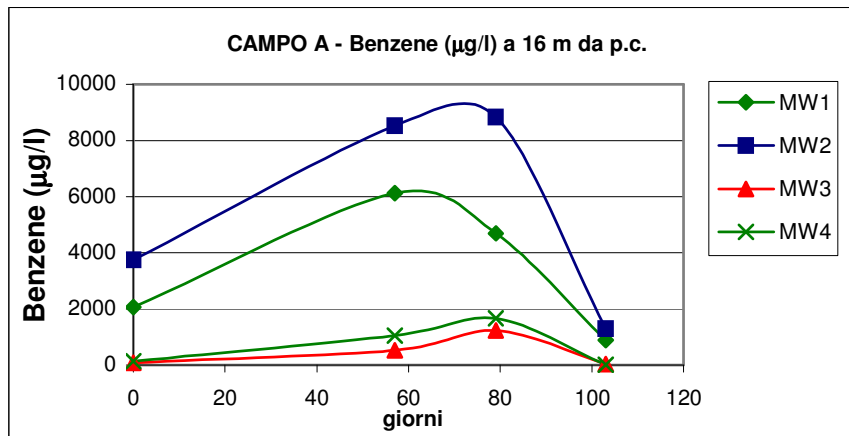
Sulla base dei dati storici a disposizione, si ritiene che le variazioni della direzione di deflusso siano da correlarsi principalmente alle oscillazioni stagionali del livello piezometrico, che si aggirano intorno a 1,5-2 m. È inoltre da tenere in considerazione l'influenza della barriera idraulica che nel corso degli ultimi mesi ha subito alcune variazioni nella configurazione di emungimento.

5.1.2 Monitoraggio chimico

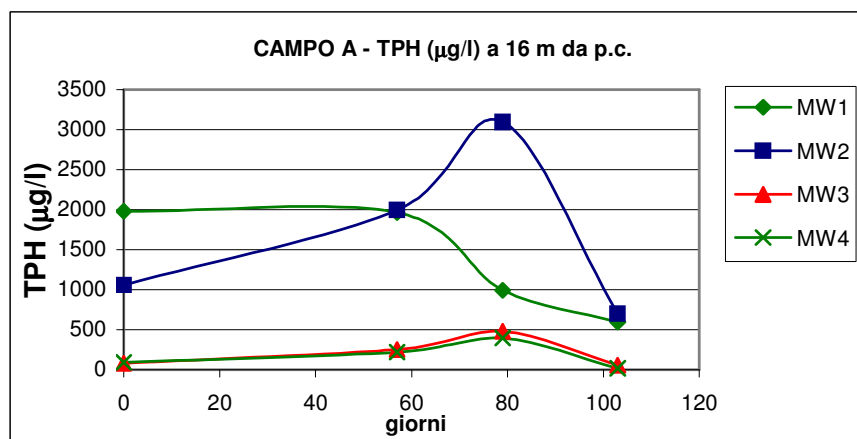
Le attività di installazione del campo sperimentale hanno avuto inizio in data 26 novembre 2003 e si sono protratte fino al giorno 19 dicembre 2003 con il termine della perforazione dei piezometri di monitoraggio di valle.

L'immissione dell'ORC[®] è avvenuta nei giorni 13 e 14 gennaio (considerato punto 0 nei grafici successivi). A partire da tale data sono stati realizzati n° 7 campionamenti di cui n° 3 a doppia profondità dinamici con packer di separazione e n° 4 a singola profondità, statici.

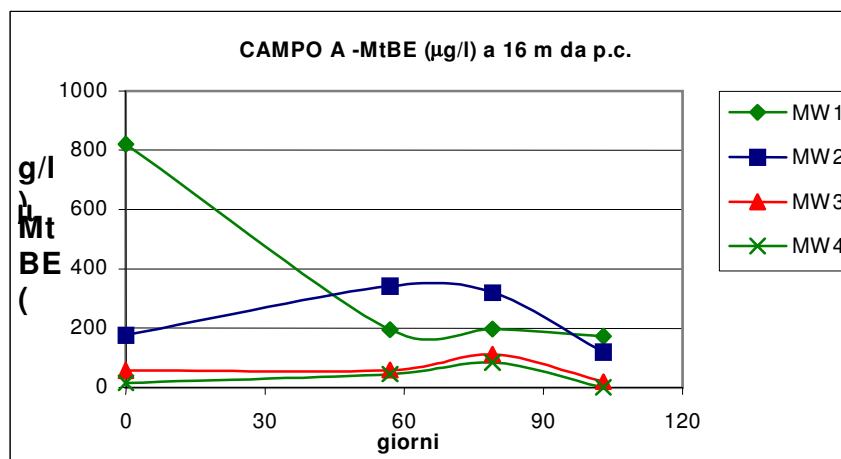
Si riportano alcuni grafici ritenuti significativi relativi all'andamento delle concentrazioni di benzene, oli minerali e MtBE durante il periodo di monitoraggio (campionamenti dinamici) in corrispondenza di 16 m da p.c..



Campo prova A - andamento della concentrazione di benzene nel periodo dicembre 2003 – aprile 2004.



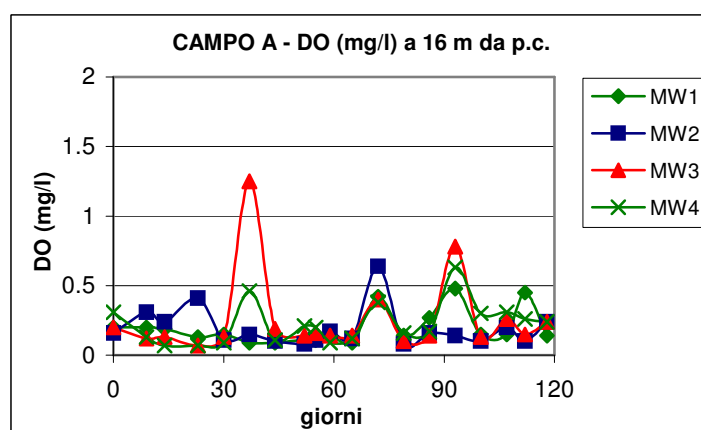
Campo prova A - andamento della concentrazione di oli minerali nel periodo dicembre 2003 – aprile 2004.



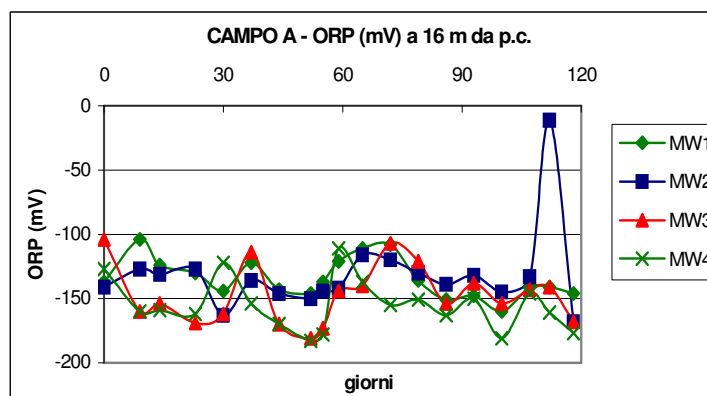
Campo prova A - andamento della concentrazione di MtBE nel periodo dicembre 2003 – aprile 2004.

5.1.3 Monitoraggio mediante sonda multiparametrica

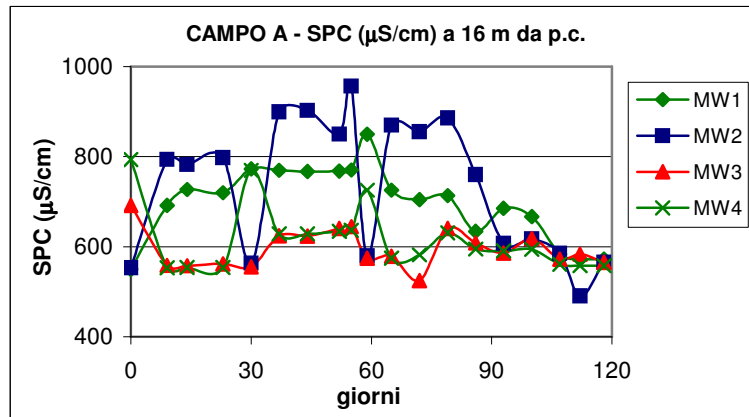
Nello stesso periodo è stato condotto il monitoraggio in situ dei parametri chimico – fisici mediante sonda multiparametrica. Nell’ottica di effettuare una valutazione dell’intervento in corso si riportano alcuni grafici ritenuti significativi relativi ai principali parametri chimico – fisici considerati indicatori dell’avvenuto rilascio di ORC® in falda e di eventuali fenomeni di degradazione.



Campo prova A - andamento dell'ossigeno disciolto nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.



Campo prova A - andamento del potenziale redox nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.



Campo prova A - andamento della conducibilità elettrica nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.

5.1.4 Prove di laboratorio per la caratterizzazione microbiologica

Al fine di impostare gli studi di biotrattabilità è stato prelevato il giorno 13 gennaio un campione di acqua di falda dal piezometro MW1.

Sono stati prelevati altri campioni che sono stati sottoposti alla caratterizzazione microbiologica al fine di valutare la tipologia della popolazione presente in situ e la sua evoluzione nel tempo in funzione dell'immissione di ORC[®] in falda.

Sui campioni prelevati in corrispondenza dei piezometri di monitoraggio MW1, MW2, MW4 il giorno 19 febbraio sono state realizzate delle prove su microcosmi al fine di valutare la reazione dell'ambiente a differenti concentrazioni di ORC[®], all'aggiunta di azoto ed all'utilizzo di microrganismi selezionati.

5.2 CAMPO PROVA B

5.2.1 Rilievi piezometrici

Durante la realizzazione dei campi sperimentali sono stati effettuati rilievi piezometrici a cadenza circa mensile, al fine di individuare la direzione di deflusso della falda in corrispondenza del campo prova e sue eventuali variazioni nel tempo.

Il rilievo piezometrico iniziale è stato eseguito misurando il livello statico nei piezometri di monitoraggio (MW5-MW6) e tutti i piezometri di immissione (I7-I10); i rilievi successivi utilizzano unicamente i dati dei piezometri di monitoraggio, in quanto, a causa della presenza dei socks, non è possibile effettuare le misurazioni nei piezometri di immissione.

L'andamento rilevato corrisponde a grandi linee con quello ipotizzato in fase progettuale, con una direzione di deflusso media SW-NE.

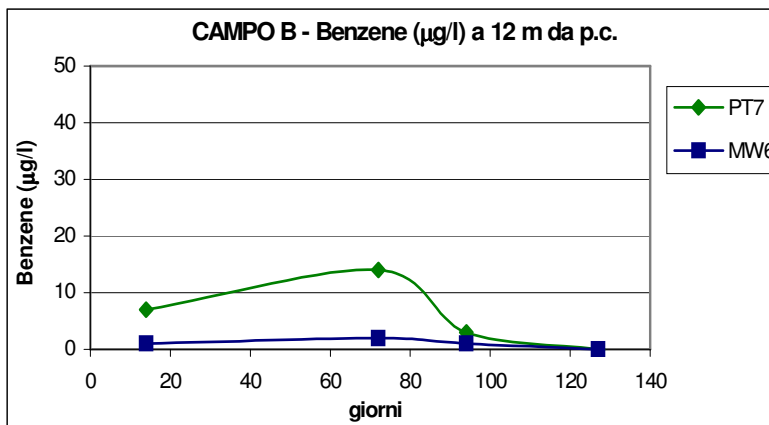
I rilievi effettuati nei mesi successivi in corrispondenza dei due punti di monitoraggio, hanno tuttavia permesso di osservare una variazione del gradiente idraulico che passa da 0.52% in gennaio a 0.26% in aprile; come noto, questo parametro è direttamente proporzionale alla velocità di deflusso che quindi risulta sostanzialmente dimezzata.

5.2.2 Monitoraggio chimico

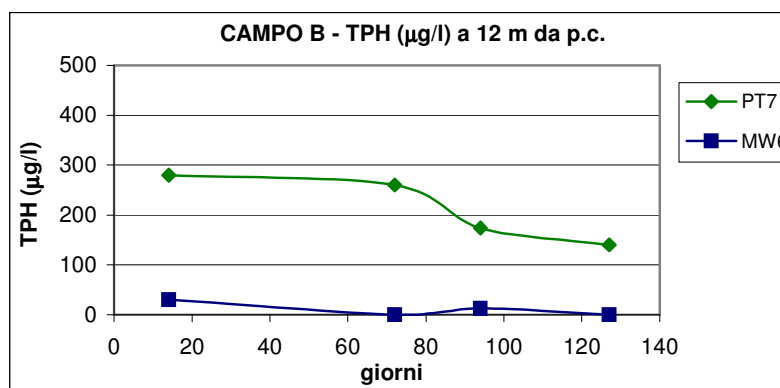
Le attività di installazione del campo sperimentale B sono state realizzate nel periodo 15 - 19 dicembre 2003 con il termine della perforazione del piezometro di monitoraggio di valle.

L'immissione dell'ORC® è avvenuta il giorno 29 dicembre (considerato il punto 0 nei grafici successivi). A partire da tale data sono stati realizzati n° 8 campionamenti di cui n° 4 dinamici n° 4 statici.

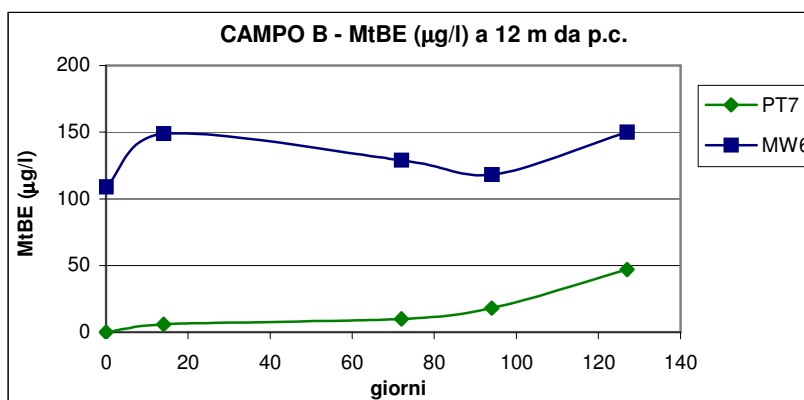
Si riportano alcuni grafici ritenuti significativi relativi all'andamento delle concentrazioni di benzene, oli minerali e MtBE durante il periodo di monitoraggio (campionamenti dinamici).



Campo prova B - andamento della concentrazione di benzene nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.



Campo prova B - andamento della concentrazione di oli minerali nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.

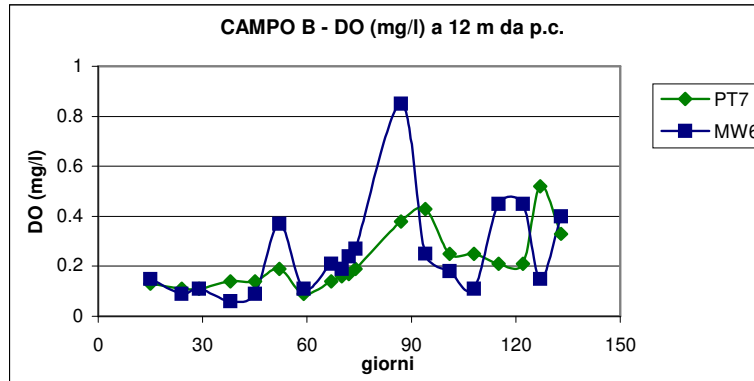


Campo prova B - andamento della concentrazione di MtBE nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004.

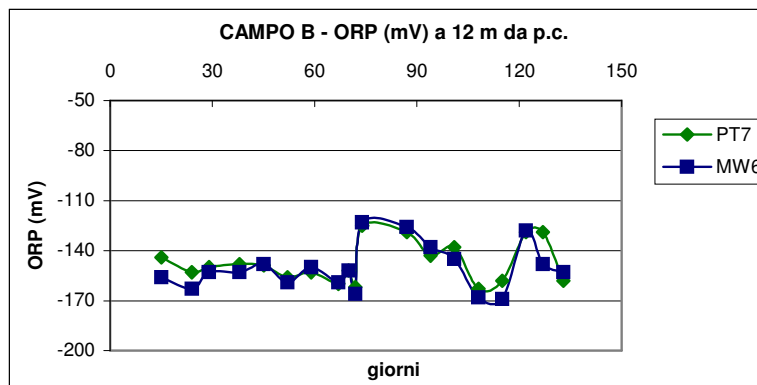
5.2.3 Monitoraggio mediante sonda multiparametrica

In concomitanza con il monitoraggio chimico è stato condotto il monitoraggio in situ dei parametri chimico – fisici mediante l'utilizzo di sonda.

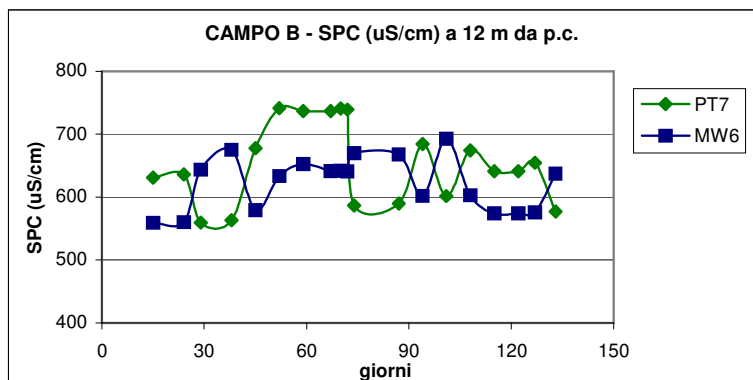
Nell'ottica di effettuare una valutazione dell'intervento in corso si riportano alcuni grafici ritenuti significativi relativi ai principali parametri chimico – fisici che indicatori dell'avvenuto rilascio di ORC® in falda e di eventuali fenomeni di degradazione.



Campo prova B - andamento dell'ossigeno disciolto nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004 (Non è riportato il valore relativo al giorno 0 in quanto riferito a un campione superficiale, poco significativo).



Campo prova B - andamento del potenziale redox nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004 (Non è riportato il valore relativo al giorno 0 in quanto riferito a un campione superficiale, poco significativo).



Campo prova B - andamento della conducibilità elettrica nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004 (Non è riportato il valore relativo al giorno 0 in quanto riferito a un campione superficiale, poco significativo).

5.2.4 Prove di laboratorio per la caratterizzazione microbiologica

Al fine di impostare gli studi di biotrattabilità, in data 14 gennaio 2004 stato prelevato n.1 campione di acqua dal piezometro MW6, ad una profondità di 12 m da p.c.

Sono stati prelevati altri campioni, in corrispondenza di un punto di immissione e dei due punti di monitoraggio, che sono stati sottoposti alla caratterizzazione microbiologica al fine di valutare la tipologia della popolazione presente in situ e la sua evoluzione nel tempo in funzione dell'immissione di ORC[®] in falda.

5.3 ANALISI DEI RISULTATI

Alla luce delle risultanze dei monitoraggi effettuati è possibile fare alcune considerazioni in merito ai campi sperimentali condotti all'interno della Raffineria.

5.3.1 Installazione dei campi prova

Quantitativi di ORC[®] immessi

I quantitativi di ORC[®] inseriti all'interno dei piezometri di immissione sono stati calcolati sulla base della contaminazione presente in corrispondenza di ciascun punto.

Per quanto riguarda i piezometri I1-I5 del campo A, non è stato possibile inserire la totalità dei quantitativi stechiometrici necessari, in quanto a causa delle elevate concentrazioni di contaminanti presenti i quantitativi necessari sono risultati superiori ai quantitativi massimi ammissibili. È probabile pertanto che a valle di tali piezometri la riduzione delle concentrazioni dei contaminanti risulti inferiore rispetto a quella attesa.

Per quanto riguarda il campo prova B e la porzione destra del campo prova A, il dimensionamento del sistema di immissione di ORC[®] è stato eseguito in maniera corretta. Ciò è stato comprovato comparando i quantitativi immessi nei piezometri di immissione con una stima dei quantitativi necessari mediante modellizzazione dei dati con software di creazione Regensis.

Direzione di flusso della falda superficiale

Dai rilievi piezometrici effettuati è stato rilevato che all'interno del campo prova A la direzione di deflusso della falda risultava nei mesi di dicembre e gennaio ruotata di ca. 60° in senso antiorario rispetto a quella ipotizzata in fase progettuale (vedi Fig.7).

Si ritiene che le variazioni della direzione di deflusso siano correlate alle oscillazioni stagionali del livello piezometrico (Fig. 8) che, durante la sperimentazione, sono state di circa 70 cm. È, tuttavia, da tenere anche in considerazione l'influenza della barriera idraulica che nel corso degli ultimi mesi ha subito alcune variazioni nella configurazione di emungimento.

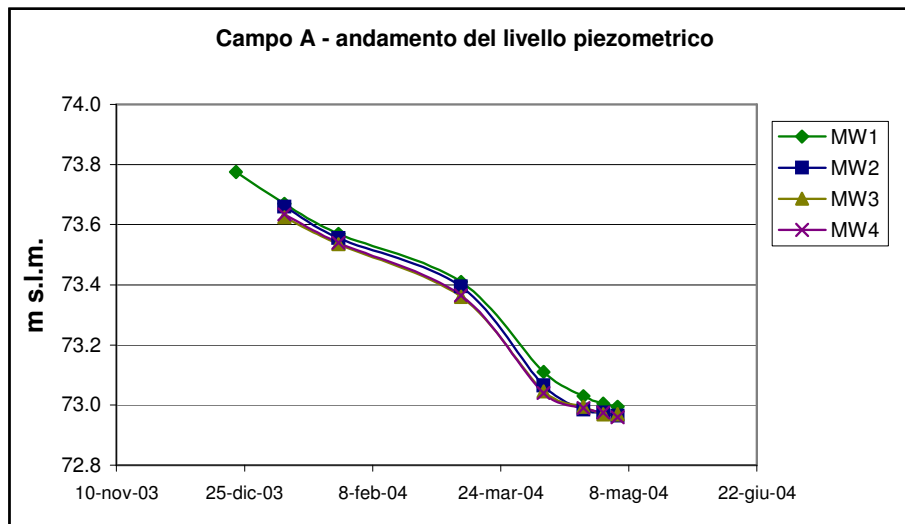


Fig. 8: Campo A - andamento del livello piezometrico (dicembre 2003 – maggio 2004)

Alla luce di tutto ciò, in considerazione del fatto che, per un certo periodo, sono variate le condizioni al contorno rispetto a quelle ipotizzate in fase di progettazione dei campi sperimentali, l'allineamento della barriera di immissione dell'ORC[®] del campo A non risultava più ortogonale alla direzione di deflusso della falda, bensì ruotato di ca. 60° in senso antiorario rispetto alla stessa.

I piezometri di monitoraggio MW2/3/4 conseguentemente non apparivano più disposti immediatamente a valle rispetto ai piezometri di immissione, ma spostati lateralmente.

In particolare in merito alla posizione dei piezometri di monitoraggio di valle del campo A è stato possibile fare le seguenti considerazioni:

- MW2-MW3: considerando la reale direzione di deflusso della falda, essi si sono trovati ad una distanza dai punti di immissione di ca. 3-4 m, anziché i 2 m inizialmente supposti, trovandosi in posizione intermedia rispetto alla direttrice di due punti di immissione (I1 e I2 per MW2 e I4 e I5 per MW3). A questa distanza i piezometri si sono ritrovati al di fuori della fascia di influenza della barriera ossigenica, non consentendo di rilevare l'eventuale incremento dell'ossigeno disciolto; le acque in uscita dalla barriera ossigenica sono comunque intercettate dai piezometri.
- MW4: considerando la direzione di deflusso della falda, esso si è trovato a ca. 10 m dal più vicino piezometro posto a monte dalla barriera di immissione, anziché i 7 m supposti in fase di progettazione. Esso si trovava in condizioni di valle rispetto al piezometro di immissione I1.

Nei mesi di aprile e maggio nei campi sperimentali, come precedentemente evidenziato, la direzione di deflusso si è di nuovo allineata a quella ipotizzata in fase progettuale. Tale fenomeno ha determinato una nuova variazione delle condizioni al contorno, riportando i piezometri di monitoraggio nella posizione di progetto. Si ritiene fondamentale, continuare il monitoraggio piezometrico nell'area in modo da ottenere un quadro completo della variazione della direzione di deflusso nell'arco di un intero anno.

Per quanto riguarda il campo prova B la direzione reale di deflusso della falda, definita nel gennaio 2004, coincide sostanzialmente con quella stimata in fase progettuale; durante questi mesi, è stato possibile individuare una notevole diminuzione del gradiente idraulico con corrispondente sostanziale dimezzamento della velocità di deflusso della falda.

5.3.2 Monitoraggio idrochimico

L'analisi dei dati a disposizione, relativi al monitoraggio effettuato nel periodo dicembre 2003 – maggio 2004, individua una condizione di partenza di estrema anaerobiosi, al limite della totale assenza di ossigeno; sono state rilevate concentrazioni di ossigeno disciolto inferiori di gran lunga a 1 mg/l ed un potenziale redox dell'ordine dei -150 mV, che denota un ambiente fortemente riducente.

Il rilascio di ossigeno da parte dei socks di ORC[®] è stato provato attraverso l'osservazione della presenza di ione ferrico e di ferrobatteri sulla superficie di alcuni socks estratti momentaneamente dai piezometri di immissione I6 e I8 il 19.02.2004. In caso di mancato rilascio di ossigeno da parte dei socks, non si sarebbe osservata la tipica colorazione rossastra sulla superficie degli stessi (Fig. 9). Non vi sono inoltre evidenze di formazione di biofilm sulla superficie dei socks che impedirebbero un regolare rilascio di ossigeno all'acquifero.

Le concentrazioni di ferro all'interno dell'acquifero non sono tali da far presupporre la manifestazione del fenomeno dell'iron fouling.

In base a casi di studio analoghi, la propagazione dell'ossigeno all'interno dell'acquifero dovrebbe manifestarsi attraverso plume piuttosto larghi, scongiurando quindi il rischio che la zona di dispersione dell'ossigeno passi lateralmente rispetto ai punti di monitoraggio. In altre parole, si ritiene assai poco probabile che vi siano state variazioni sostanziali dei parametri monitorati in prossimità dei punti di monitoraggio, ma che queste non siano state osservate in quanto ogni punto di immissione possiede un cono di influenza talmente ristretto da non interferire con le postazioni di monitoraggio esistenti.

Allo stato attuale dei fatti non si ritiene ragionevole dedurre che la popolazione batterica presente sia poco efficiente nell'abbattimento della contaminazione. Sintomi di problematiche nella popolazione batterica sono un aumento del potenziale redox e tuttavia una mancata variazione della concentrazione dei contaminanti, anche dopo l'attesa di un eventuale periodo di acclimatazione della popolazione microbica.

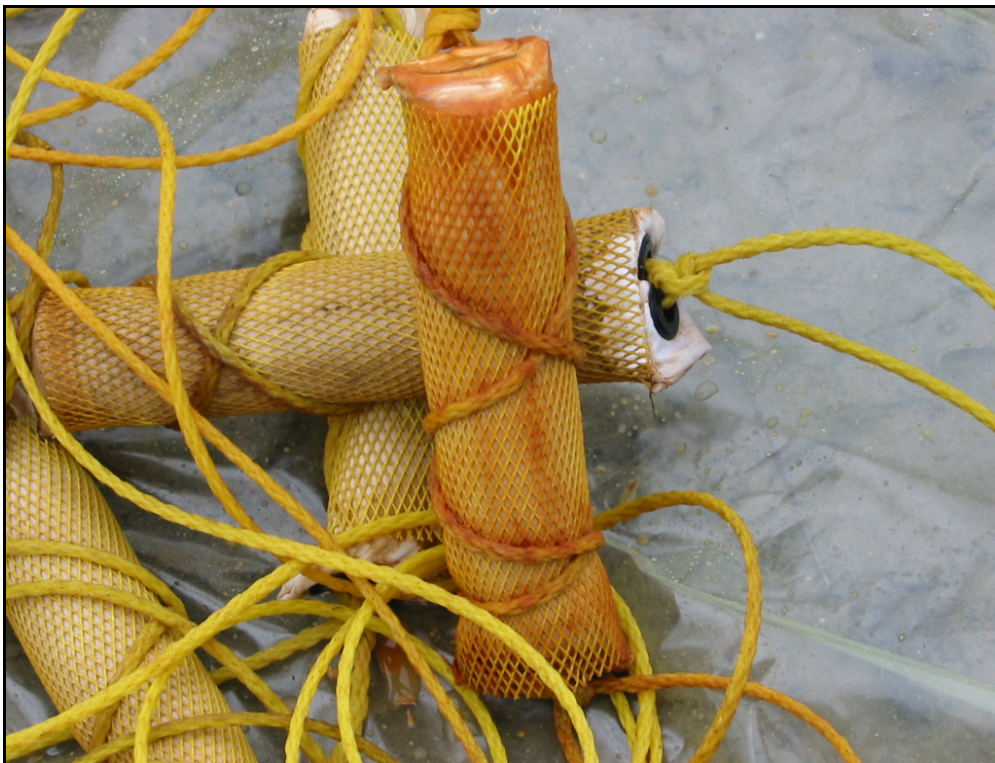


Fig. 9: Foto di alcuni socks estratti (dopo ca. 2 mesi in falda) dai piezometri di immissione.

Per quanto riguarda il campo A, dai monitoraggi effettuati non sono emerse sostanziali evidenze di variazione nel tempo della concentrazione dell'ossigeno disciolto, del potenziale redox e del pH attribuibili alla presenza dell'ORC®.

Per quanto concerne i contaminanti si osservano due differenti periodi, in particolare un primo intervallo di tempo in cui era presente una situazione di forte differenza di contaminazione tra i piezometri MW1, MW2 e MW3, MW4, e un secondo intervallo in cui le concentrazioni nei primi due punti sono diminuite bruscamente raggiungendo valori analoghi agli altri piezometri; questo in particolare per il benzene e gli oli minerali.

In MW2 si osserva una diminuzione delle concentrazioni degli inquinanti più marcata che negli altri punti.

Il MtBE, presenta un andamento decrescente, nell'ultimo periodo, in corrispondenza della postazioni di valle, mentre, in MW1, dopo un iniziale crollo della concentrazione, i valori risultano sostanzialmente costanti.

Allo stato attuale non è possibile correlare queste variazioni alla barriera ossigenica in quanto la variazione della direzione di deflusso e il conseguente interessamento di diverse porzioni di acquifero possono aver influenzato la qualità delle acque intorno ai punti di immissione e di monitoraggio.

Per quanto riguarda il campo B invece è stata rilevata una differenza tra i valori di monte e di valle rispetto alla barriera ossigenica sostanzialmente costante nel tempo. Tenendo in considerazione la diminuzione della velocità di deflusso della falda, che attualmente risulta circa il 50% di quella ipotizzata in fase progettuale, si può ipotizzare che l'effetto dell'ossigeno rilasciato dai punti di immissione non abbia ancora raggiunto del tutto il punto di monitoraggio di valle (MW6). In altre parole, può essersi verificata una diminuzione della concentrazione dei contaminanti nell'intorno dei punti di immissione, come atteso, ma la zona di influenza non si è ancora estesa completamente ai punti di monitoraggio.

Per quanto concerne i parametri chimico – fisici misurati in situ, sono state riscontrate alcune anomalie nei dati provenienti dal monitoraggio di entrambi i campi; la misurazione di alcuni parametri indica un contemporaneo incremento o decremento degli stessi in diversi punti di monitoraggio. In condizioni normali di flusso, non considerando la presenza di alcuna barriera reattiva, si dovrebbe osservare una fluttuazione dei parametri analoga nei diversi punti di monitoraggio, ma traslata di un tempo dell'ordine di quello necessario al flusso d'acqua per percorrere la distanza tra i diversi punti di monitoraggio. I risultati potrebbero denunciare variazioni o anomalie nelle metodiche di campionamento, misurazione o analisi, o una non efficiente taratura degli strumenti, fattori tutti da poter escludere, in quanto durante tutto il monitoraggio sono state osservate strette e regolari procedure di campionamento, misurazione ed analisi, e le misure in campo sono inoltre sempre effettuate con due sonde diverse e regolarmente sottoposte a taratura.

5.3.3 Caratterizzazione microbiologica e sperimentazione in laboratorio

La caratterizzazione microbiologica effettuata su campioni, prelevati in differenti date nel campo sperimentale, ha evidenziato una sostanziale stabilità del profilo microbiologico della falda, in particolare per quanto concerne la flora autoctona aerobica. Questa situazione è fortemente condizionata dalla quasi totale assenza di ossigeno nell'ambiente di partenza della sperimentazione e del limitato tempo di monitoraggio. È significativo, tuttavia osservare che nel campione di bianco prelevato non è stata rilevata presenza di microrganismi autoctoni.

La sperimentazione su microcosmi in laboratorio ha evidenziato, sui singoli sistemi, un generale incremento del numero di eterotrofi totali per ml di acqua e una sostanziale stazionarietà dei microrganismi degradatori. L'aumento della flora microbica eterotrofa è più rilevante nei microcosmi

in cui sono stati immessi microrganismi autoctoni selezionati ed arricchiti, nonostante l'esigua quantità di inoculo immesso (1 ml di inoculo a concentrazione 10^8).

Le analisi chimiche di alcuni campioni rappresentativi mostrano come il benzene risulti decisamente inibitore della degradazione del MtBE degradandosi per primo; tale contaminante, infatti, diminuisce di due ordini di grandezza nel campione MW2/1, mentre scende fino sotto i limiti di rilevabilità nel campione MW2/4, mentre il MtBE viene degradato solo in parte. Si ritiene che la sua degradazione abbia avuto inizio dopo quella del benzene e quindi la diminuzione di concentrazione sia rilevabile in eventuali prossimi campionamenti.

5.3.4 Risultati attesi

Alla luce dell'esperienza acquisita attraverso numerosi "case studies" analoghi a quello del sito in oggetto, nella maggior parte dei quali l'uso di ORC[®] si è verificato efficace per la rimozione dei contaminanti presenti, è possibile effettuare considerazioni di massima su quali fattori si ritengono indicativi di processi degradativi in corso indotti dalla presenza dell'ORC[®].

Sulla base dei dati di caratterizzazione idrogeologica della falda, al momento attuale è plausibile attendersi l'inizio di una variazione dei parametri misurati e delle concentrazioni analizzate nel piezometro di valle; il fatto che non si sia ancora osservata alcuna variazione significativa può essere dovuto ad una sovrastima della velocità di deflusso della falda superficiale.

Ciò che ragionevolmente si può attendere nel futuro (nella porzione destra del campo A e nel campo B) è l'osservazione di un sostanziale aumento del potenziale redox nei piezometri di valle, e quindi un decremento delle concentrazioni dei contaminanti presenti (osservabile attraverso il monitoraggio di TPH, BOD5 e COD). Non è ritenuto probabile che in futuro possa essere rilevata presenza di ossigeno nei punti di monitoraggio.

È possibile osservare a valle dell'immissione un momentaneo e lieve aumento delle concentrazioni dei contaminanti, immediatamente dopo l'immissione dell'ORC[®]. Questo fenomeno è dovuto al fatto che i microrganismi, trovandosi improvvisamente a contatto con l'ossigeno, rilasciano parte dei contaminanti già assimilati in maniera anaerobica.

L'eventuale osservazione nel futuro di una diminuzione sostanziale delle concentrazioni dei contaminanti, con successivo ritorno a concentrazioni elevate (fenomeno cosiddetto di "rebound") sarebbe da attribuire al fatto che i socks immessi hanno terminato di rilasciare ossigeno. Sarà così possibile determinare la vita media dei socks per il sito in esame.

5.4 ATTIVITÀ PROPOSTE

Alla luce dei risultati esposti, non si ritengono completamente esaustive le attività di monitoraggio finora condotte, in quanto, tenendo in considerazione le caratteristiche idrogeologiche della falda e l'intervallo intercorso dall'immissione dell'ORC[®] in falda, le variazioni attese non risultano ancora osservabili nei punti di monitoraggio presenti.

Si ritiene utile dunque poter estendere il monitoraggio per ulteriori 5 mesi (e quindi fino a tutto settembre 2004), per i seguenti motivi:

- il periodo di rilascio di ossigeno da parte dei socks può arrivare fino a 9 mesi, e quindi un monitoraggio della stessa durata o superiore può fornire un'immagine complessiva del funzionamento di tale sistema di trattamento, ed è inoltre base fondamentale per il dimensionamento di una barriera definitiva di bonifica; al momento attuale i socks potrebbero trovarsi solo al 30% del loro profilo di rilascio;

- il dimensionamento dell'impianto appare essere stato effettuato in maniera corretta (in particolare per la porzione destra del campo A e per il campo B), e non vi è nessun indice di mancata efficienza della popolazione batterica;
- vi è evidenza in campo del rilascio di ossigeno da parte dei socks, ed il fatto che non sia stata ancora osservata alcuna variazione nei parametri monitorati a valle può essere un indice del fatto che l'acqua di falda trattata non sia ancora giunta ai piezometri di monitoraggio;
- il fatto che ultimamente la direzione di deflusso del campo A sia nuovamente deviata verso la direzione ipotizzata in fase progettuale modifica di conseguenza la posizione delle postazioni di monitoraggio in relazione a quelle di immissione, e potrebbe quindi permettere di osservare scenari di degradazione non osservabili nella fase iniziale dei campi sperimentali.

Si ritiene inoltre, importante monitorare nuovamente, ed in maniera più estesa e ripetuta nel tempo, le acque in corrispondenza dei piezometri di immissione, estraendo temporaneamente i socks se necessario. Nel caso tale operazione venisse effettuata, sarà monitorata almeno la totalità dei parametri mediante sonda multiparametrica. Per l'interpretazione dei dati occorre tenere conto che i valori possono risultare influenzati dall'acqua proveniente da monte.

Sulla base delle informazioni desunte dalla caratterizzazione microbiologica e dalla sperimentazione in laboratorio sui microcosmi, si ritiene utile proseguire il monitoraggio microbiologico e la sperimentazione in laboratorio per tutto il periodo di attività proposto, in modo tale da poter valutare sia le variazioni del profilo microbiologico della falda sia l'evoluzione del loro comportamento in microcosmo.

Non si ritiene vantaggioso porre in pompaggio uno o più punti di monitoraggio, al fine di accelerare il deflusso naturale della falda e monitorare anticipatamente i fenomeni degradativi attesi, in quanto tale intervento può causare seri problemi interpretativi di tutti i processi in atto, e non sarebbe possibile attraverso i dati che si otterrebbero effettuare un dimensionamento attendibile dell'impianto definitivo di bonifica.

6 RISULTATI DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Come previsto dal Progetto di Bonifica, nel mese di dicembre 2003 e nel mese di marzo 2004 sono state effettuate due campagne di monitoraggio sui punti di campionamento interni ed esterni della Raffineria, in Allegato 3 sono contenute le Tabelle dei risultati analitici di dicembre 2003 e di marzo 2004.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è rappresentata in Allegato 2, Tavola 3.

6.1 PIEZOMETRI FALDA FREATICA INTERNA

Sia nella campagna di marzo 2004 sia nella campagna di dicembre 2003 i risultati delle analisi effettuate sulle acque prelevate dai piezometri interni allo Stabilimento (Pz1-Pz34, PS1-PS6) hanno evidenziato in alcuni di essi la presenza di idrocarburi aromatici (BTEX), alifatici (espressi come n-esano) e di MtBE come per altro già osservato in altre campagne.

In linea di massima sono confermati i valori di contaminazione rilevati nelle precedenti attività di controllo.

La serie PS1-PS6, ad esclusione del PS2, non presenta valori di concentrazione superiori ai limiti del D.M. 471/99 per nessuno degli analiti ricercati. Il PS2 presenta un certa evoluzione verso un più complesso quadro con la presenza di xileni con concentrazioni superiori, anche se di poco alla CMA, e di toluene con valori uguali alla CMA.

Attualmente si ritiene che non debba essere predisposta alcuna campagna supplementare, data la limitata entità del fenomeno, rinviando alle prossime in programma eventuali osservazioni, considerazioni e/o attività integrative.

La serie Pz1-Pz34 presenta una situazione più articolata ma sostanzialmente invariata, se non per alcuni eventi marginali, rispetto le precedenti rilevazioni; in marzo 2004 si ritrovano 20 piezometri sostanzialmente non interessati da fenomeni di contaminazione, aventi cioè concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità strumentale quindi due in più rispetto il rilievo del dicembre 2003: PZ24 e PZ28. E' comunque da segnalare che già nel dicembre 2003 le concentrazioni in idrocarburi alifatici di tali piezometri erano di molto al di sotto della CMA del DM 471/99.

I piezometri Pz7, Pz11 e Pz15, come in dicembre 2003, presentano massimi valori d'idrocarburi alifatici e concomitante presenza di aromatici (BTEX) ed MtBE ed il piezometro Pz18 pur presentando elevate concentrazioni d'idrocarburi e BTEX continua ad essere esente da MtBE.

Come già anticipato in Pz4 e Pz28 non sono più rilevabili idrocarburi mentre in Pz23 la loro concentrazione (già di molto al di sotto della CMA) risulta dimezzarsi da dicembre 2003 a luglio 2004.

Nei piezometri Pz16 e Pz22 il parametro MtBE risulta ancora in netta diminuzione così come avviene per benzene ed idrocarburi alifatici in Pz17.

6.2 BARRIERE INTERNE

Nel marzo 2004 così come nel dicembre 2003 le indagini hanno confermato la presenza di contaminanti nelle acque emunte dai pozzi delle barriere di protezione, la cui concentrazione è legata alle condizioni di esercizio.

I campioni di acque prelevate da tutte le barriere di protezione presentano valori di contaminazione in linea con i dati pregressi.

I controlli effettuati sulla terza barriera, situata lungo i lati S ed E dell'Isola 9.A, costituita da 16 pozzi (S24÷S39) preesistenti e 4 pozzi di ampliamento (S40÷S43), mettono in evidenza il progressivo aumento dei contaminanti dal pozzo S27 sino al pozzo S37, con una distribuzione crescente per gli oli minerali e gli idrocarburi aromatici; l'MtBE compare nel pozzo S31 e tende ad aumentare in direzione

ovest con picchi in corrispondenza del settore delimitato dai pozzi da S35 ad S38. Dal pozzo S39 si ha una netta diminuzione di tutti i contaminati (Fig. 2).

I risultati sono in linea con i valori di contaminazione riscontrati nelle precedenti campagne a parte una certa tendenza alla diminuzione complessiva dei valori di contaminazione nei punti già interessati da basse concentrazioni. Tali oscillazioni sono comunque da riferire ad un quadro generale più ampio di variabilità da leggersi congiuntamente alle fluttuazioni periodiche, non trascurabili, della superficie piezometrica.

6.3 TRINCEA ESTERNA

I risultati dei controlli effettuati sulla trincea di protezione esterna hanno evidenziato unicamente la presenza di concentrazione residuale di benzene superiore ai limiti DM 471/99 e la presenza di MtBE in concentrazioni maggiori ai limiti di rilevabilità.

Data della campagna		Benzene (µg/l)	MtBE (µg/l)
2002	Luglio	105	460
	Dicembre	80	270
2003	Aprile	226	460
	Giugno	117	253
	Settembre	110	230
	Dicembre	183	373
2004	Marzo	114	250

Tabella 6: valori MtBE e Benzene da luglio 2002 a marzo 2004

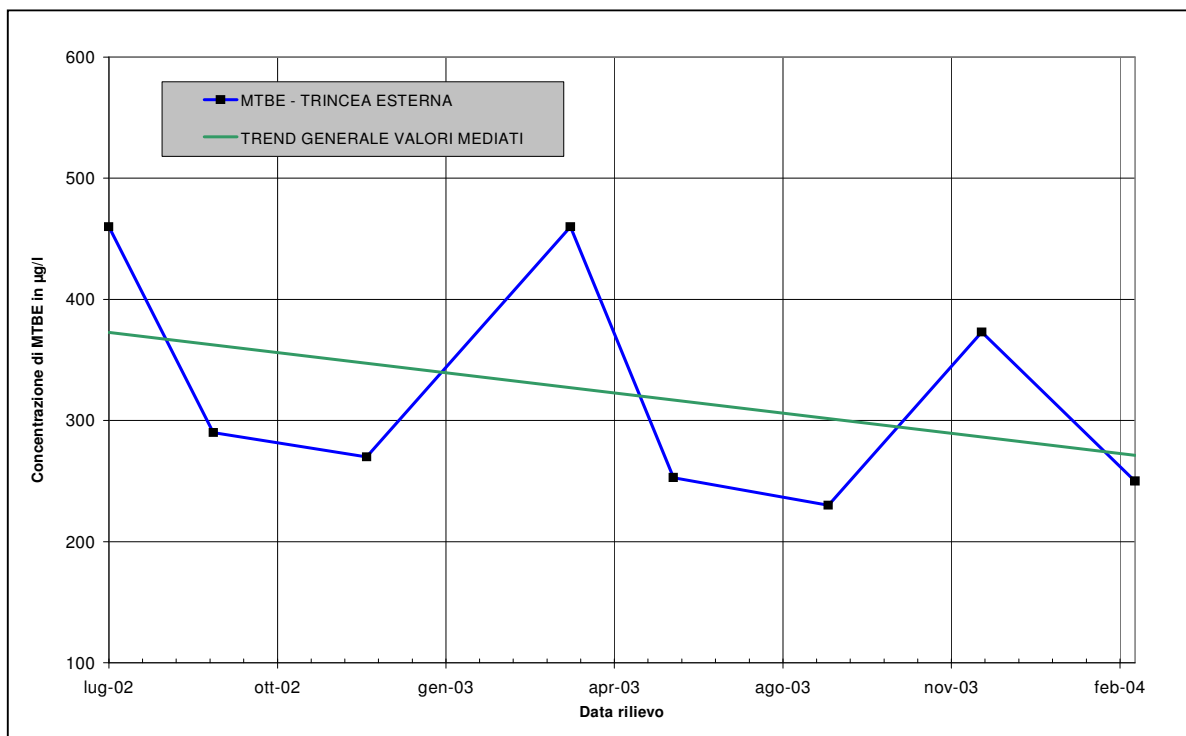


Fig. 10: Concentrazione di MtBE nella trincea esterna

6.4 PIEZOMETRI DI CONTROLLO DELLA DISCARICA DI RIFIUTI SPECIALI E POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

I 13 punti di controllo della discarica di rifiuti speciali ed i pozzi di approvvigionamento idrico non presentano fenomeni di contaminazione.

6.5 PIEZOMETRI FALDA FREATICA ESTERNA

I risultati delle indagini effettuate sui 19 piezometri (PA1, PA2, PA3, PA4, PA5, PA6, PA8, PA9, PA18, PA19, PA20, PA21, PA23, PA24, PA25, PA26, PA29, PA30, PA31) costituenti l'anello di monitoraggio della falda superficiale esterna hanno evidenziato assenza di contaminazione da idrocarburi aromatici ed alifatici.

Solo i piezometri PA29 e PA31, posti immediatamente a valle della trincea di protezione hanno rilevato la presenza di MtBE in concentrazioni rispettivamente di 379 $\mu\text{g/l}$ e 483 $\mu\text{g/l}$. Nella tabella seguente gli attuali valori di concentrazione sono confrontati con i valori precedentemente riscontrati:

Data della campagna		MtBE ($\mu\text{g/l}$)	
		PA29	PA31
2003	Febbraio	370	490
	Aprile	430	565
	Giugno	376	540
	Settembre	273	212
	Dicembre	377	480
2004	Marzo	379	483

Tabella 7: valori MtBE periodo febbraio 2003 - dicembre 2003 piezometri PA29 e PA31

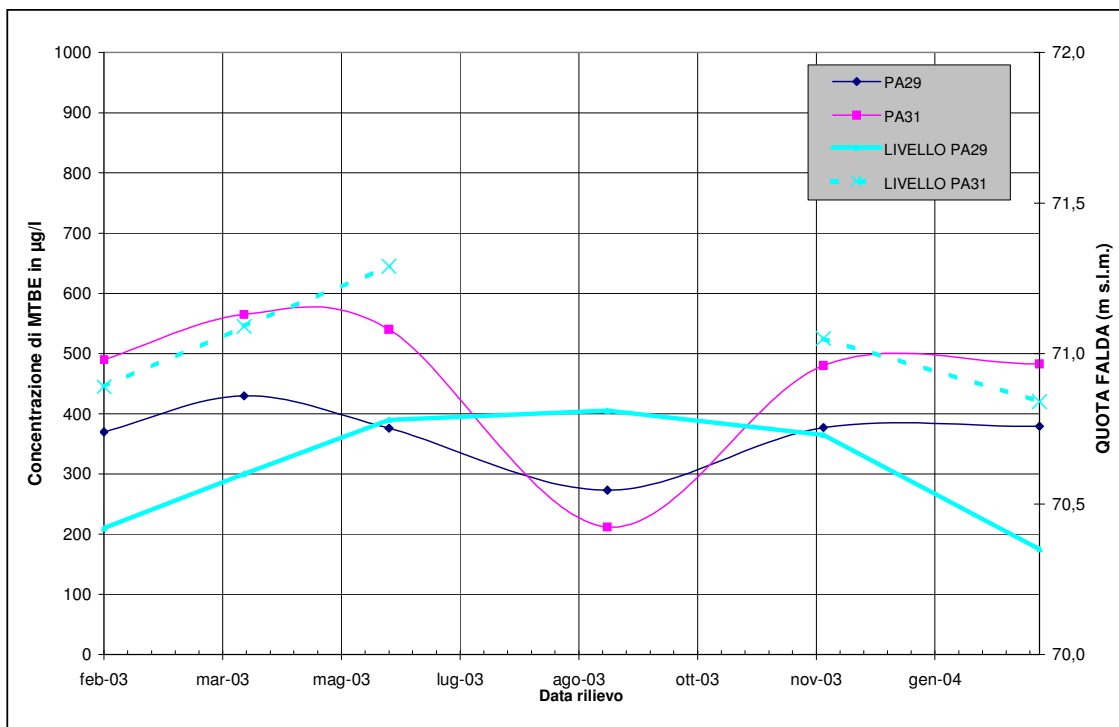


Fig. 11: Andamento dei livelli nei piezometri PA29 e PA31 e concentrazioni di MtBE

E' da rilevare la sovrapposibilità tra i cicli di innalzamento ed abbassamento della falda e le variazioni in concentrazione di MtBE quasi contemporanee in entrambi i piezometri.

I piezometri della serie PT1-PT9 presentano tutti, ad esclusione del PT8, una certa concentrazione (mai superiore ai 300 µg/l) di MtBE con focalizzazione nell'area di fronte (di lunghezza non superiore ai 50 m) compresa tra il PT2 e il PT3 che, unitamente al PT1, costituiscono parte integrante della barriera di protezione esterna. Il piezometro PT8, fenestrato nella falda confinata, è esente da idrocarburi, BTEX ed MtBE.

6.6 PIEZOMETRI FALDA ARTESIANA SOTTOSTANTE E CIRCOSTANTE LO STABILIMENTO

I risultati delle analisi effettuate sulle acque dei piezometri (PA10, PA11, PA12, PA13, PA14, PA15, PA16, PA17, PA22, PA27, PA28) costituenti l'esistente anello di monitoraggio della falda profonda sottostante e circostante lo Stabilimento hanno evidenziato la totale assenza di contaminazione.

I risultati degli accertamenti analitici di dicembre 2003 (Tavola 4) e marzo 2004 (Tavola 5) sulle acque sotterranee sono sinteticamente illustrati nelle mappe di soglia allegate, ove sono evidenziati i punti in cui uno o più contaminanti superano i valori di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee. (All. 1/D.M. 471/99).

7 PIANO DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DEI SERBATOI E DEI SISTEMI FOGNARI

Tra gli interventi di contenimento previsti dal progetto preliminare di bonifica, gli interventi di tipo preventivo assumono ruolo di grande importanza nell'ambito delle azioni finalizzate ad eliminare fenomeni accidentali di contaminazione da impianti e infrastrutture di Raffineria.

7.1 INTERVENTI DI TIPO PREVENTIVO SUI SERBATOI DI STOCCAGGIO

Come previsto dal progetto di bonifica, entro il gennaio 2004 è stata completata l'installazione di doppi fondi ai 4 serbatoi di stoccaggio del MtBE.

La Raffineria ha da tempo avviato un programma di controllo propedeutico alla manutenzione di tutti i serbatoi atmosferici adibiti allo stoccaggio di idrocarburi, con lo scopo di pianificare le attività di ispezione e manutenzione coerentemente con le linee guida aziendali e/o gli standard dell'industria petrolifera.

La gestione dei serbatoi si sostanzia in 2 macroattività:

- Controllo;
- Manutenzione.

7.2 CONTROLLI MEDIANTE ISPEZIONE

La strategia ispettiva dei serbatoi si basa su una serie di attività tese a mettere in atto un piano articolato di controlli che consenta di verificare l'integrità strutturale degli stessi e di controllare lo stato di avanzamento del degrado dei vari componenti.

L'accurata *analisi degli esiti ispettivi* permette di esprimere una corretta valutazione della idoneità del serbatoio all'esercizio e costituisce il supporto per la pianificazione degli interventi manutentivi.

La *frequenza delle ispezioni* è basata su un approccio di calcolo della *vita residua* del componente in funzione della resistenza al deterioramento (usualmente corrosione), e sulla velocità di deterioramento, comunque vincolata da *limiti temporali*.

I serbatoi di stoccaggio di prodotti petroliferi della Raffineria vengono sottoposti ad ispezioni esterne a regolari intervalli di tempo per avere la garanzia che segni di degrado vengano evidenziati in una fase iniziale, in modo da mettere in atto tutte le azioni necessarie (riparazioni o sostituzioni dei componenti difettosi) ad evitare che i fenomeni evidenziati evolvano fino al punto di provocare perdite o altri tipi di inconvenienti.

7.3 CONTROLLI CON EMISSIONE ACUSTICA

La tecnica scelta dall'Azienda per il controllo dei serbatoi è quella delle emissioni acustiche.

Essa consiste nella rilevazione del "rumore" (ultrasuoni) causato da onde sonore ad alta frequenza emesse da rilasci di energia in materiali e strutture sotto stress meccanico a causa di movimenti di dislocazione provocati in microstrutture da crescita di difetti e, anche in assenza di stress, da altri fenomeni quali attività termiche o chimiche (inclusa la corrosione).

Le onde acustiche sono rilevate da trasduttori piezoelettrici posizionati strategicamente sulla struttura.

Attraverso l'uso di metodi di triangolazione, si può individuare la posizione della emissione.

La tecnica è di tipo qualitativo e comparativo ed è la sola attualmente disponibile in grado di individuare, in modo preventivo, le zone del fondo di un serbatoio dove può essere presente attività corrosiva e, in base ad una valutazione del grado di attività, dove un problema potrebbe presentarsi.

I principali vantaggi della tecnologia risiedono nella possibilità del controllo con componente in esercizio, nella possibilità di controllare l'intero componente e sul fatto che vengono registrati solo difetti attivi.

La Raffineria ha in atto un programma di monitoraggio dei serbatoi che prevede nel 2004-2005 di effettuare il controllo con emissione acustica su tutto il parco serbatoi dei prodotti leggeri.

Il metodo individua per ogni serbatoio ispezionato la data del controllo successivo e/o le eventuali necessità di inserimento nel piano di ispezione e/o manutenzione.

7.4 PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE

L'Azienda ha pianificato un programma di manutenzione che, sulla base delle evidenze dei controlli effettuati mediante l'emissione acustica, dei risultati delle ispezioni e del tipo di prodotto stoccato, ha consentito di individuare una priorità dei serbatoi da manutenzionare.

Il nuovo piano di manutenzione (programma triennale 2004-2006) consente di monitorare e prevenire eventuali fenomeni corrosivi in atto sui serbatoi.

Complessivamente lo sviluppo del programma suddetto consentirà di ispezionare e manutenzionare entro il 2006 n° 67 serbatoi selezionati fra quelli con il maggiore intervallo di manutenzione.

Per quanto riguarda le modalità manutentive, in accordo alle linee guida aziendali, finalizzate alla massima salvaguardia ambientale, la soluzione tecnica adottata è quella di dotare di doppio fondo e di un sistema di rilevazione perdite tutti i serbatoi atmosferici di prodotti petroliferi ad esclusione di olio combustibile e bitume.

Allo stato attuale sono in corso una serie di controlli, ispezioni e manutenzioni i cui risultati permetteranno la definizione di dettaglio, entro luglio 2004, del piano d'interventi elaborato.

7.5 RETE FOGNARIA DI RAFFINERIA

Il sistema fognario della Raffineria è costituito da un circuito fognario principale costruito con tubazioni in calcestruzzo di grosso diametro (>500 mm) che convogliano le acque reflue all'impianto di depurazione. Su tale sistema primario si congiungono i sistemi fognari provenienti dalle aree impianti, generalmente di diametro inferiore a 500 mm.

7.6 IMPERMEABILIZZAZIONE (RELINING) FOGNE IN CALCESTRUZZO

E' la tecnologia utilizzata per effettuare tale risanamento; essa prevede l'inserimento di una calza in resina termoindurente poliestere di tipo isoftalico.

Le principali attività previste durante tale risanamento sono:

- Messa fuori servizio aste e pozzetti.
- Bonifica aste e pozzetti.
- By pass acque oleose in esercizio.
- Taglio solette dei pozzetti e successivo ripristino
- Ispezione televisiva completa prima del risanamento

- Rivestimento aste – (spessore del lining 6,19 mm a partire da Φ 200 mm).
- Rivestimento pozzetti.
- Prova idraulica di tenuta completa delle aste dopo rivestimento
- Ispezione televisiva finale completa di collaudo
- Messa in servizio delle aste e pozzetti risanati.

La tecnica del risanamento delle fogne oleose in calcestruzzo mediante il metodo del relining è utilizzata nella Raffineria di Sannazzaro a partire dal 1986 con 10 fasi di relining ad oggi effettuate.

Complessivamente sono state risanate tutte le dorsali principali delle fogne oleose fino all'API separator per un totale di 16800 m.

Allo stato attuale risultano ancora da completare interventi per circa 2800 m di fognatura relativamente al parco serbatoi greggio.

Il programma di risanamento su tale quota sarà effettuata nel biennio 2004 - 2005 con le seguenti modalità:

anno 2004 - previsti 1200 m

anno 2005 - previsti 1600 m

7.7 FOGNE OLEOSE D'IMPIANTO

Le fogne oleose che convogliano le acque scaricate dagli impianti produttivi sono costituite quasi interamente da tubazioni di piccolo diametro (< 40 cm).

Il sistema “ fognario impianti” è stato ispezionato applicando la tecnica Georadar.

La tecnica è ampiamente utilizzata a livello internazionale per la mappatura delle reti tecnologiche, la caratterizzazione stratigrafica al contorno delle tubazioni interrato e la verifica delle perdite di liquidi dalle tubazioni non in pressione, quali le reti di fognatura di piccole dimensioni o le tubazioni di adduzione di grandi dimensioni (> 1000 mm).

La tecnica Georadar consente, con un buon margine di successo, l'identificazione dei punti di perdita e di fuoriuscita dei liquidi dalla rete di fognatura qualora esistano le condizioni fisiche di contrasto "dielettrico" tra la zona umida intorno alla tubazione interrato e il suolo in posto.

Nel caso della ricerca di infiltrazione di idrocarburi, sostanze altamente resistive e con bassa costante dielettrica, il contrasto dielettrico rilevato è di natura tale da non produrre margini di errore.

Il metodo Georadar è da considerarsi compatibile con le richieste tecniche della Norma ISO-14001 (affidabilità, oggettività e ripetibilità nei risultati).

La verifica delle condizioni del sistema fognario delle aree impianti è stata fatta nei primi mesi del 2004 con il monitoraggio su circuiti di raffineria non ancora completamente controllati (area isola 6) e su aree di raffineria già precedentemente analizzate (area isola 7).

Le indagini non hanno evidenziato anomalie di alta riflessione riconducibili a infiltrazioni di idrocarburi in suolo.

Le indagini georadar saranno ripetute in futuro con lo scopo di verificare la presenza di anomalie prodotte da eventuali perdite dai circuiti sottostanti gli impianti di processo.

Qualora si debba intervenire nel sistema fognario per revamping di impianto o nuove installazioni, lo standard di raffineria prevede l'installazione in PRFV.

7.8 VERIFICA DI AFFIDABILITÀ DELLA TENUTA DEI SERBATOI MEDIANTE IL CONTROLLO DI LIVELLO.

Come indicato nel progetto preliminare di bonifica, la Raffineria sta determinando la validità di un sistema di controllo delle perdite da serbatoi di tipo “speditivo” mediante l’utilizzo del sistema di controllo del livello installato sulla maggior parte dei serbatoi.

La finalità del sistema è quella di verificare, a fronte di una variazione di volume misurata in un definito intervallo di tempo e sotto l’ipotesi di serbatoio chiuso, l’affidabilità della tenuta dei serbatoi.

7.8.1 Metodologia adottata

La metodologia di indagine si è articolata secondo i seguenti passi:

- acquisizione dei dati (misure di volume, livello, temperatura, tabelle di taratura, ecc.) per ogni singolo serbatoio;
- elaborazione dei dati ed applicazione delle misure di compensazione;
- analisi dei risultati ottenuti.

7.8.2 Dati di partenza

La metodologia ad oggi è stata applicata ad 8 serbatoi, differenti per volumetria, caratteristiche costruttive (tetto fisso/galleggiante) e prodotto stoccato, ed ha compreso, per ognuno di questi:

- caratteristiche geometriche, costruttive e tabelle di taratura;
- misurazione effettuata ogni 15 minuti, per un periodo variabile dai tre ai cinque giorni, di livello, volume, temperatura del prodotto, temperatura esterna, velocità del vento e radiazione solare;
- densità teorica del liquido ricavata dalle tabelle di taratura di ogni singolo serbatoio.

7.8.3 Elaborazione dei dati

Alle osservazioni di volume istantanee, rilevate con la frequenza di 15 minuti, sono state applicate misure di compensazione che ne depurassero il contenuto dal contributo dovuto ai seguenti fenomeni:

- variazione di volume del serbatoio dovuta alla deformazione tangenziale del mantello;
- variazione di volume del prodotto (benzina o gasolio, a seconda del caso) dovuta al cambiamento della densità con la temperatura.

A tale scopo sono state utilizzate formule empiriche ricavate dai certificati di taratura dei singoli serbatoi (compensazione degli effetti della deformazione tangenziale del mantello) e dal metodo ASTM D 1250-80 (compensazione degli effetti della variazione della densità al variare della temperatura).

7.8.4 Analisi dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati esplicitati per via grafica; per ogni serbatoio è stato ricostruito l’andamento della perdita media misurata e di quella compensata all’interno del periodo temporale di osservazione.

L’esame degli andamenti ha dimostrato come le iniziali perdite compensate, sempre inferiori a 100 l/h, si riducano nel tempo, man mano che il sistema raggiunge una situazione di stazionarietà, e si stabilizzano su valori prossimi allo zero già dopo 40 ÷ 50 ore dall’istante di inizio del periodo di prova.

7.8.5 Conclusioni

Le prove di livello si sono svolte nel periodo Novembre '03 – Marzo '04 con escursioni termiche minime tra il giorno e la notte, e con un irraggiamento solare estremamente basso.

Ciò può aver influito positivamente, in termini di risultati, sulle prove, con variazione di volume dei serbatoi dovuta alla deformazione tangenziale dei mantelli e variazione di volume dei prodotti (benzina o gasolio) facilmente compensabili.

Per verificare l'affidabilità di tale metodo occorrerà ripetere le prove nel periodo estivo, con condizioni di insolazione e di escursione termica maggiori.

A valle di questa sperimentazione, se i risultati saranno confermati, il metodo potrà essere utilizzato per le verifiche di tipo "speditivo" finalizzate a controlli di serbatoi in servizio, ad integrazione delle metodologie di controllo con emissione acustica.

8 CONCLUSIONI E VALUTAZIONI IN CORSO D'OPERA

Le opere di contenimento (barriere idrauliche interne ed esterne) autorizzate nell'ambito del Progetto Definitivo di Bonifica sono state realizzate e messe in marcia senza alcuna sostanziale variazione rispetto lo schema progettuale proposto ed in accordo con la tempistica esecutiva preventivata.

Le barriere sono in funzione con regimi di portata regolati in relazione alle condizioni freatiche ed idrochimiche attualmente registrate nella falda e pertanto risultano ancora in fase di *attivazione e controllo di funzionalità*, così come definito nella pianificazione generale presentata in sede di Progetto Preliminare di Bonifica.

Il controllo di funzionalità delle barriere è necessario in quanto i regimi idrodinamici della falda apportano, nell'arco delle variazioni stagionali, notevoli variazioni al quadro idrochimico generale pertanto si ritiene che le prime osservazioni rispetto all'efficacia degli interventi possano essere condotte nel periodo settembre-ottobre 2004, a valle della campagna di monitoraggio programmata per il settembre 2004.

I piezometri della serie PB1-PB6 saranno inseriti nel piano di monitoraggio e su di essi verrà eseguito il controllo della qualità delle acque che pervengono ai pozzi di contenimento della sezione S40-S43 della 3° barriera interna di Raffineria. I dati idrodinamici ed idrochimici rilevati verranno utilizzati per la progettazione e l'approntamento del sistema di monitoraggio atto a definire l'efficienza della tratta di barriera suddetta.

I campi sperimentali di bioremediation con tecnologia ORC sono stati realizzati secondo le specifiche allegata al progetto di bonifica.

9 PROROGA DELLE ATTIVITÀ

Con riferimento al Decreto del Dirigente dell'Unità Organizzativa Gestione Rifiuti della R. Lombardia n° 37 del 8 Gennaio 2004 in cui è previsto che eventuali proroghe possano essere concesse con apposito provvedimento, previa presentazione di idonea documentazione che ne comprovi la reale necessità, ed alla luce dei contenuti del presente documento, si ritiene di estendere le attività di monitoraggio dei campi prova di bioremediation sino al mese di settembre '04.

Successivamente, nel periodo Ottobre-Novembre '04, alla luce dei risultati della sperimentazione, sarà predisposto il progetto definitivo "fase 2" riguardante la predisposizione delle barriere biologiche.