DESORBIMENTO TERMICO CON SMART BURNERS – CASO DI STUDIO PER IL TRATTAMENTO IN-SITU DEI TERRENI INSATURI ALL'INTERNO DELLA RAFFINERIA DI GELA (ITALIA)

Jan Haemers[1], Andro Barabesi[2], Gianfranco Caccamo[3], Katia Pacella[1]

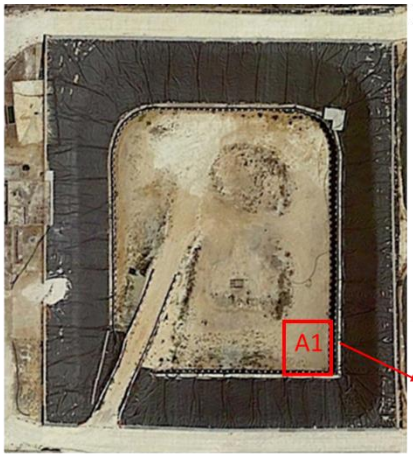
[1]Haemers Technologies SA, Bruxelles (Belgio).
[2]Simam S.p.A., Servizi Industriali Manageriali Ambientali, Senigallia (Italia).
[3]Icaro Ecology S.p.A., Gela (Italia).

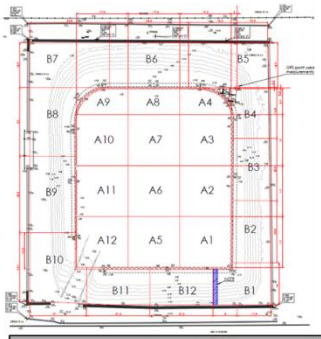
Abstract per RemTech - Sessione congressuale: 19-20-21 settembre 2018

Introduzione

Il sito oggetto dell'attività di bonifica mediante applicazione della tecnologia ISTD (In-Situ Thermal Desorption) che si trova all'interno della Raffineria di Gela (ENI Group), è costituito da ex-discarica di residui oleosi depositati in passato. La progettazione esecutiva e gli interventi sono in corso di esecuzione da parte del Raggruppamento Temporaneo di Imprese (RTI), Simam S.p.A., Icaro Ecology S.p.A. e Haemers Technologies SA.

La contaminazione del sito (per uno spessore medio di terreno insaturo al di sotto del fondo della vasca pari a ≈ 5 m da p.c.) riguarda idrocarburi leggeri e pesanti, benzene, idrocarburi policiclici aromatici, composti clorurati (clorometano, cloruro di vinile, 1,2 dicloroetano) e mercurio. L'area per il trattamento è stata suddivisa in n. 24 lotti: Zona A (n. 12 lotti di superficie media pari a ≈ 290 m²) e Zona B (n. 12 lotti di superficie compresa tra 228 m² e 400 m²). Il primo lotto A1 è stato considerato come pilota ed il trattamento ha avuto inizio il 20 settembre 2017 ed è terminato il 13 dicembre 2017.





LOTTO A1	
Area del suolo inquinanto	304 m²
Profondità del trattamento	+4,5 mslm
Volume	1605,12 m³
Massa	2889,2 t
Profondità falda acquifera	-1,60 mslm

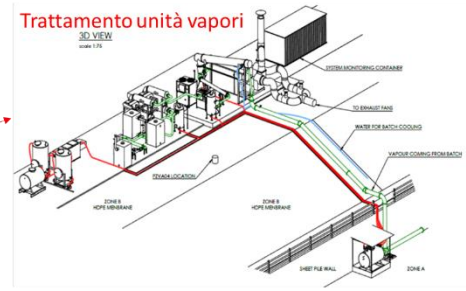
Contaminanti	Concentrazione media (mg/kg)	Concentrazione massima (mg/kg)	Obiettivi di bonifica (mg/kg)
IDROCARBURI <= C12	3610	26600	250
IDROCARBURI > C12	19745	130000	750
BENZENE	44	720	2
ETILBENZENE	48	352	50
STIRENE	12	140	50
TOLUENE	77	680	50
XILENI	140	1000	50
COMPOSTI AROMATICI TOTALI	275	2058	100
BENZO (a) ANTRACENE	7	82	10
BENZO (a) PIRENE	4,0	57	10
BENZO (b) FLUORANTENE	2,1	33	10
BENZO (g,h,i) PERILENE	0,9	9	10
BENZO (k) FLUORANTENE	0,7	9	10
CRISENE	7	74	50
DIBENZO (a,e) PIRENE	0,3	3	10
DIBENZO (a,h) ANTRACENE	0,5	5	10
DIBENZO (a,h) PIRENE	0,1	1	10
DIBENZO (a, i) PIRENE	0,2	2	10
DIBENZO (a,l) PIRENE	0,3	4	10
INDENO (1,2,3-cd) PIRENE	0,7	10	5
PIRENE	19	196	50
IPA TOTALI	41	485	100
CLOROMETANO (CLORURO DI METILE)	31	166	6,1
CLORURO DI VINILE	2,3	29	1,3
1,2-DICLOROETANO (DCA)	48	730	0,46
MERCURIO	12	42	-

A sx, foto aerea della vasca con ubicazione Lotto A1, al centro suddivisione dell'area di intervento in Lotti, a dx tabella con le concentrazioni medie e massime rinvenute in fase di caratterizzazione e obiettivi di bonifica

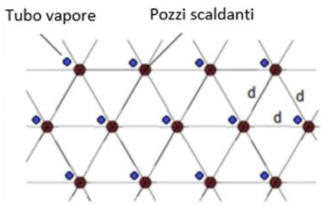
Applicazione della tecnologia

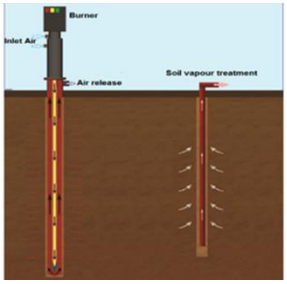
La tecnologia ISTD è un metodo di trattamento *in situ* in cui il terreno contaminato viene riscaldato per conduzione termica. Una volta raggiunto il punto di evaporazione, i contaminanti volatilizzati vengono aspirati attraverso apposite tubazioni forate di estrazione creando una depressione nel suolo. Il riscaldamento del suolo viene eseguito attraverso bruciatori a gas, ovvero "Smart-Burners" sviluppati da Haemers Technologies. Questi bruciatori sono installati su tubazioni verticali, detti elementi riscaldanti o pozzi scaldanti. La tecnologia può essere applicata a tutti i tipi di inquinanti con punto di ebollizione a pressione atmosferica non superiore a 550 °C.

Nel caso del sito della Raffineria di Gela, nel lotto A1 sono stati installati n.143 bruciatori ubicati in testa a tubazioni riscaldanti infisse nel terreno; in corrispondenza di ciascun elemento scaldante sono stati installati tubi fessurati che con n. 24 condotte posizionate in corrispondenza dei punti più distanti (anche detti "punti freddi"), sono utilizzati per l'estrazione dei contaminanti vaporizzati mediante l'impianto di trattamento vapori (Vapor Treatment Unit) opportunamente dimensionati.
Il monitoraggio del sistema e l'andamento delle temperature avvengono attraverso n. 4 punti di misura della depressione nel suolo e n. 48 termocoppie ubicate a differenti profondità. I gas esausti dei bruciatori sono aspirati utilizzando un ventilatore ed un circuito indipendente rispetto a quello dei vapori contaminati estratti dal suolo. Questi ultimi sono estratti grazie alla depressione generata attraverso soffianti, cuore del sistema di trattamento vapori. Il sistema di trattamento vapori è composto da una sezione di abbattimento dei vapori per condensazione (in depressione) e una sezione di adsorbimento su filtri a carbone attivo, zeoliti e riduzione catalitica (con pressione positiva).



Smart Burners – Geometria degli elementi scaldanti





Monitoraggio e Risultati

L'evoluzione della bonifica del lotto pilota è stata monitorata secondo un piano di monitoraggio definito nel Progetto Operativo di Bonifica. I parametri di temperatura del suolo per raggiungimento della temperatura obiettivo, pressione del suolo, andamento del prodotto dei condensati e vapori estratti per raggiungimento di valori di concentrazione asintotici, hanno permesso di comprendere la dinamica e l'iter operativo del trattamento. Il trattamento è stato definito come concluso (spegnimento dei bruciatori) nel momento in cui tutti i criteri hanno soddisfatto i requisiti di spegnimento del sistema, ovvero:

- raggiungimento di una temperatura minima di 200°C nei punti freddi (registrata dalla singola termocoppia) con una durata di minimo 20 giorni;
- oppure, raggiungimento conseguente della temperatura di progetto di 250°C nei punti freddi con una durata di minimo 3 giorni consecutivi;
- oppure, andamento "a campana" seguito da valori asintotici della concentrazione dei vapori estratti per almeno 5 giorni.

A tal proposito, sulla base dell'elaborazione dei dati riferiti alle misure dirette e indirette durante il trattamento del primo lotto e del collaudo finale di verifica (campionamento e analisi dei terreni a

diverse profondità), i risultati hanno mostrato la completa rimozione dei contaminanti nella matrice del suolo grazie ai valori di concentrazione registrati ben al di sotto delle soglie obiettivo e quasi sempre sotto il limite di rilevabilità.

		PRIMA DEL TRATTAMENTO	DOPO IL TRATTAMENTO: COLLAUDO UFFICIALE IN PRESENZA DEGLI ENTI - ARPA SICILIA 17/01/2018		
Contaminanti	**Obiettivi di bonifica mg/kg**	**Concentrazione massima mg/kg**	**Concentrazione mg/kg (0-1 m)**	**Concentrazione mg/kg (2-3m)**	**Concentrazione mg/kg (4-5m)**
IDROCARBURI <=12	**250**	26600	<10	<10	<10
IDROCARBURI >=12	**750**	130000	<40	48	<40
BENZENE	**2**	720	<0.02	<0.02	<0.02
ETILBENZENE	**50**	352	<0.05	<0.02	<0.02
STIRENE	**50**	140	<0.02	<0.02	<0.02
TUOLENE	**50**	680	<0.5	<0.5	<0.5
XILENI	**50**	100	<1.5	<1.5	<1.5
COMPOSTI AROMATICI TOTALI	**100**	2058	<0.2	<0.2	<0.2
BENZO (a) ANTRACENE	**10**	82	<1	<1	<1
BENZO (a) PIRENE	**10**	57	<1	<1	<1
BENZO (b) FLUORANTENE	**10**	33	<1	<1	<1
BENZO (g,h,i) PERILENE	**10**	9	<1	<1	<1
BENZO (k) FLUORANTENE	**10**	9	<1	<1	<1
CRISENE	**50**	74	<1	<1	<1
DIBENZO (a,e) PIRENE	**10**	3	<1	<1	<1
DIBENZO (a,h) ANTRACENE	**10**	5	<1	<1	<1
DIBENZO (a,h) PIRENE	**10**	1	<1	<1	<1
DIBENZO (a, i) PIRENE	**10**	2	<1	<1	<1
DIBENZO (a,l) PIRENE	**10**	4	<1	<1	<1
INDENO (1,2,3-cd) PIRENE	**5**	10	<1	<1	<1
PIRENE	**50**	196	<1	<1	<1
IPA TOTALI	**100**	485	<10	<10	<10
CLOROMETANO (CLORURO DI METILE)	**6,1**	166	<0.02	<0.02	<0.02
CLORURO DI VINILE	**1,3**	29	<0.01	<0.01	<0.01
1,2-DICLOROETANO (DCA)	**0,46**	730	<0.2	<0.2	<0.2
MERCURIO	**-**	42	<0.02	<0.03	<0.03

Il collaudo finale inoltre ha mostrato coerenza con i dati del monitoraggio: in corrispondenza del raggiungimento della temperatura obiettivo è stata evidenziata la massima estrazione dei vapori e quindi la completa rimozione dei contaminanti nel sottosuolo. Alla luce dei risultati del lotto A1, tutte le *lessons learned* e l'esperienza acquisita, forniranno un supporto per il trattamento dei lotti successivi con ottimizzazione del sistema, miglioramento dei criteri di gestione e delle azioni di monitoraggio previste dal progetto.

Jan Haemers (Managing Director): +32 486777691; jan.haemers@haemers-tech.com
Andro Barabesi (Managing Director): +39 0716610040; a.barabesi@simamspa.it
Gianfranco Caccamo (Managing Director): +39 3479627277; gianfranco.caccamo@icaroecology.it
Katia Pacella (Project Engineer): +39 3338366455; katia.pacella@haemers-tech.com