

Trattamento in situ di MNT, DNT e TNT presso uno stabilimento dismesso di esplosivi

CASO DI STUDIO

Utilizzo di prove pilota in parallelo per determinare l'approccio di bonifica più appropriato in un sito in riconversione nel Regno Unito

INTRODUZIONE

A REGENESIS è stato richiesto di fornire una soluzione per la bonifica di una contaminazione delle acque di falda in un impianto dismesso di produzione esplosivi nel Regno Unito, caratterizzato da una geologia complessa. Era stata definita una scadenza precisa per la consegna del sito alla nuova proprietà per la sua riqualificazione, e pertanto vi erano tempistiche estremamente limitate per la bonifica.



Fig. 1 Vista aerea del sito

L'obiettivo principale del trattamento era il miglioramento generale delle condizioni del sito attraverso la riduzione di massa della contaminazione da propellente in fase disciolta. A causa della insolita miscela di contaminanti rilevata nel sito, sono state realizzate diverse prove pilota per valutare il percorso ottimale di degradazione di un plume misto di TNT, DNT e MNT.



TIPO DI SITO

Sito manifatturiero dismesso
(fabbrica di esplosivi)



GEOLOGIA

Riperto antropico
e argilla al di sopra di roccia



CONTAMINANTI

TNT 3.590 µg/L,
DNT 9.520 µg/L,
MNT 18.900 µg/L



PROJECT DRIVER

Riqualificazione del sito



TRATTAMENTO

Ossidazione chimica in situ,
Biodegradazione anaerobica potenziata,
Degradazione aerobica potenziata



TECNOLOGIE

RegenOx®, 3DME®,
ORC Advanced®

PROVE PILOTA

La natura del sito ha offerto a REGENESIS l'opportunità di dimostrare la versatilità dell'ampia gamma di tecnologie disponibili per i nostri clienti. Attraverso una revisione congiunta della letteratura scientifica, BAE Systems e REGENESIS hanno concluso che non era disponibile alcun percorso di degradazione comune per trattare in situ i contaminanti esplosivi (v. **Tabella 1**). La biodegradazione anaerobica dei composti nitroaromatici generalmente comporta la riduzione del gruppo nitrico in un gruppo amminico (1), con la potenziale eccezione del MNT. Tuttavia, in condizioni aerobiche, è stato dimostrato che gli isomeri del MNT arrivano a completa mineralizzazione sia in prove di laboratorio che sul campo (2) & (3). Pertanto è stata proposta una prova pilota di biodegradazione aerobica utilizzando **ORC Advanced**. In un'altra area in cui sono state rilevate concentrazioni più elevate, è stata anche testata l'ossidazione chimica in situ (ISCO) utilizzando **RegenOx**.

La possibilità di biodegradare anaerobicamente i composti nitroaromatici mediante substrati carboniosi è stata dimostrata in scala di laboratorio e in campo (4) & (5). I sostituenti nitrici dei composti nitroaromatici sono altamente elettro-negativi e quindi competono per l'acquisizione degli elettroni disponibili. Questi composti vengono tipicamente ridotti a sostituenti amminici, formando dal TNT composti quali 2-A-4,6-DNT e 4-A-2,6-DNT.

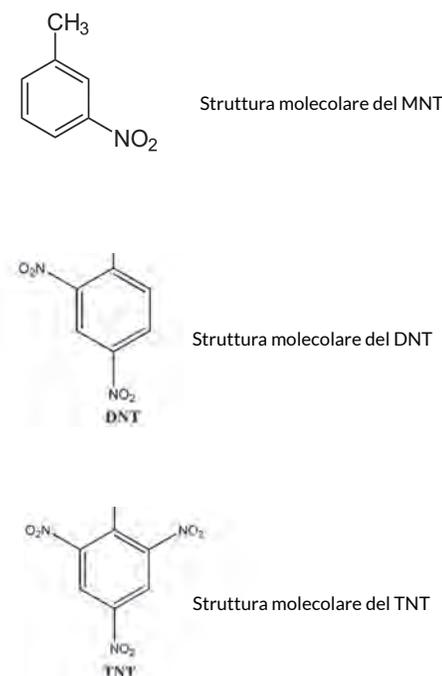


Fig. 2 Strutture molecolari dei contaminanti di interesse (CoC)

Tabella 1. Concentrazioni dei CoC e prove pilota proposte

Piezometro	BH23A		BH31		BH38a
Fenestrature (m p.c.)	da 9 a 12		da 12 a 16		da 6 a 9
Geologia	Depositi Lias		Depositi Lias		Depositi Lias
Nome area	Parco serbatoi		Plume 1		Plume 2
Anno	2013	2017	2013	2017	2018
2-MNT*	47	15	0,15	4	66
3-MNT*	9,7	3,3	0,05	1,1	19
4-MNT*	N/A	N/A	N/A	N/A	2
2,6-DNT**	0,2	0,01	<L.R.	<L.R.	3
2,4-DNT**	0,5	0,26	<L.R.	<L.R.	7
TNT**	<L.R.	<L.R.	<L.R.	<L.R.	1
Prove 2018					
	Scelto per la combinazione dei percorsi di degradazione		Scelto per la combinazione dei percorsi di degradazione		Scelto per la combinazione dei percorsi di degradazione

Legenda percorso di degradazione predominante: * Aerobico ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽²⁾, **Anaerobico ⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

Avviene anche la formazione di 2,4,6-triamminotoluene (TAT) come prodotto della riduzione completa del TNT. I composti TAT e ammino-DNT si legano irreversibilmente alla matrice del suolo e vengono pertanto rimossi dalle acque di falda.

Ciò avviene attraverso il legame dei sottoprodotti ai minerali del suolo e alle sostanze umiche attraverso vari processi tra cui adsorbimento, polimerizzazione e umificazione (4). È stato quindi anche proposto di realizzare una prova pilota di biodegradazione anaerobica potenziata usando **3-D Microemulsion** (3DME).



Fig. 3 3DME prima della miscelazione e iniezione

RISULTATI PROVE PILOTA

Il monitoraggio delle acque di falda per cinque mesi post applicazione dell'area 3DME ha mostrato concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità strumentale per tutti i contaminanti, inclusi i sottoprodotti di degradazione. Nelle altre aree, il RegenOx è riuscito a ossidare chimicamente in situ tutti i contaminanti esplosivi; tuttavia, senza un'applicazione successiva di ORC Advanced o 3DME, le concentrazioni dei contaminanti hanno avuto un rebound entro 3 mesi. Il pilota di ORC Advanced ha ridotto con successo le concentrazioni di MNT al di sotto dei limiti di rilevabilità.

TRATTAMENTO

I risultati delle prove pilota e le informazioni acquisite durante il trattamento hanno consentito a REGENESIS di dimensionare il trattamento full-scale. La bonifica è consistita nell'applicazione di 3DME, per i seguenti fattori: (1) le condizioni naturali della falda fortemente anaerobiche, (2) l'efficacia del 3DME verificata durante il pilota, (3) l'ampia spaziatura di iniezione che il 3DME consente di utilizzare. Questa spaziatura ha ridotto significativamente i costi e le tempistiche di intervento in campo per completare l'applicazione. L'intervento full scale è stato eseguito sulle due aree sorgente con una configurazione a griglia di iniezione del 3DME e immediatamente a valle di ciascun parco serbatoi.

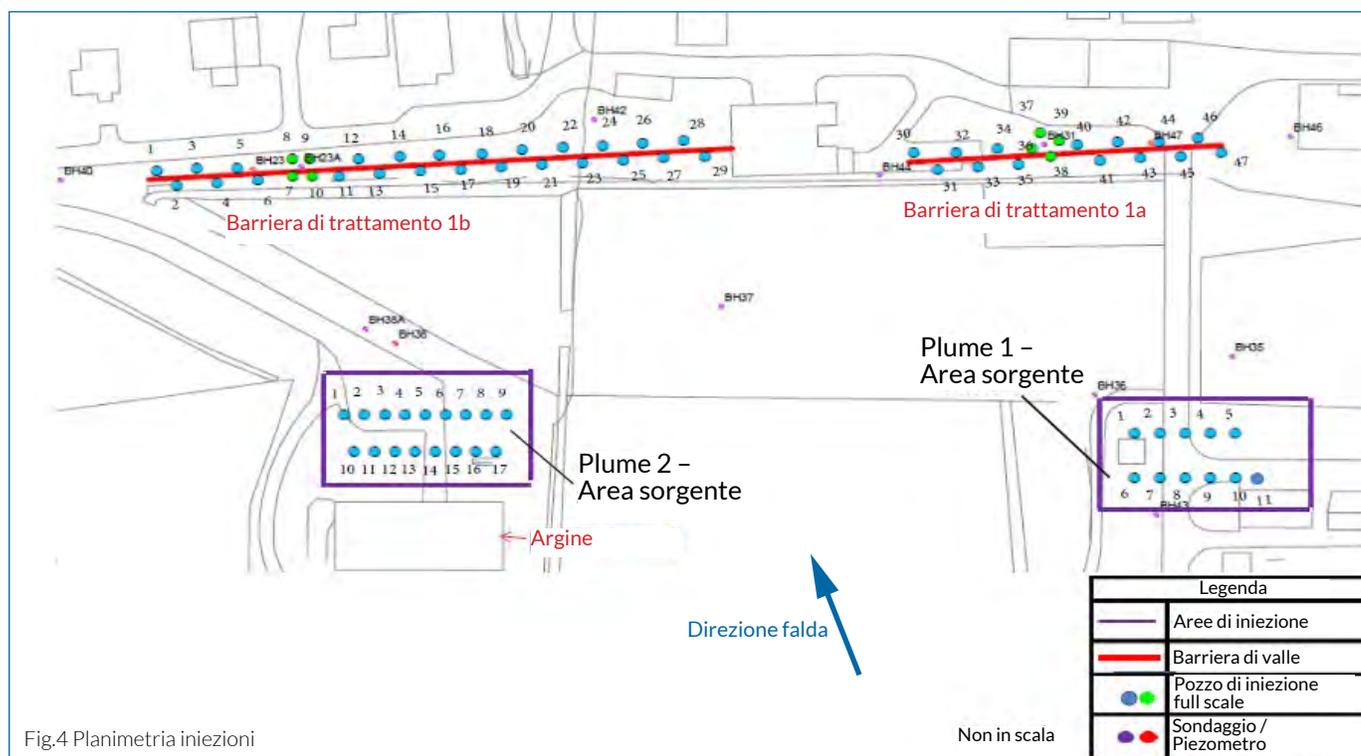


Fig.4 Planimetria iniezioni

Più a valle, due linee di iniezione 3DME hanno costituito una barriera all'inizio dei plume in fase disciolta che si sono formati dalle due aree sorgente, con il fine di degradare la contaminazione trasportata dal flusso delle acque di falda all'interno delle zone di trattamento create dall'iniezione. Le iniezioni sono state completate attraverso una serie di pozzi di iniezione realizzati allo scopo. I pozzi sono stati allestiti per l'iniezione mediante packer idraulici, ed è stato applicato il dosaggio previsto in ciascuna postazione.

AREA DI TRATTAMENTO:
2.600m² totale (3 aree)

COSTO:
£215.000 (circa €245k)



Fig.5 Trattamento full-scale: griglia di iniezione nell'area sorgente 1

RISULTATI FULL-SCALE

Nelle aree dove erano state realizzate le prove pilota, la bonifica ha raggiunto la non rilevabilità strumentale. L'applicazione full-scale ha esteso il trattamento e il monitoraggio post-applicazione ha mostrato che sono state mantenute nel tempo concentrazioni basse, senza fenomeni di rebound. Dopo il monitoraggio di validazione, il sito ha ricevuto la certificazione di avvenuta bonifica e sarà riconvertito ad uso commerciale e industriale.

Fig. 6 Concentrazioni di contaminanti nitroaromatici nel tempo - A valle della barriera 1b

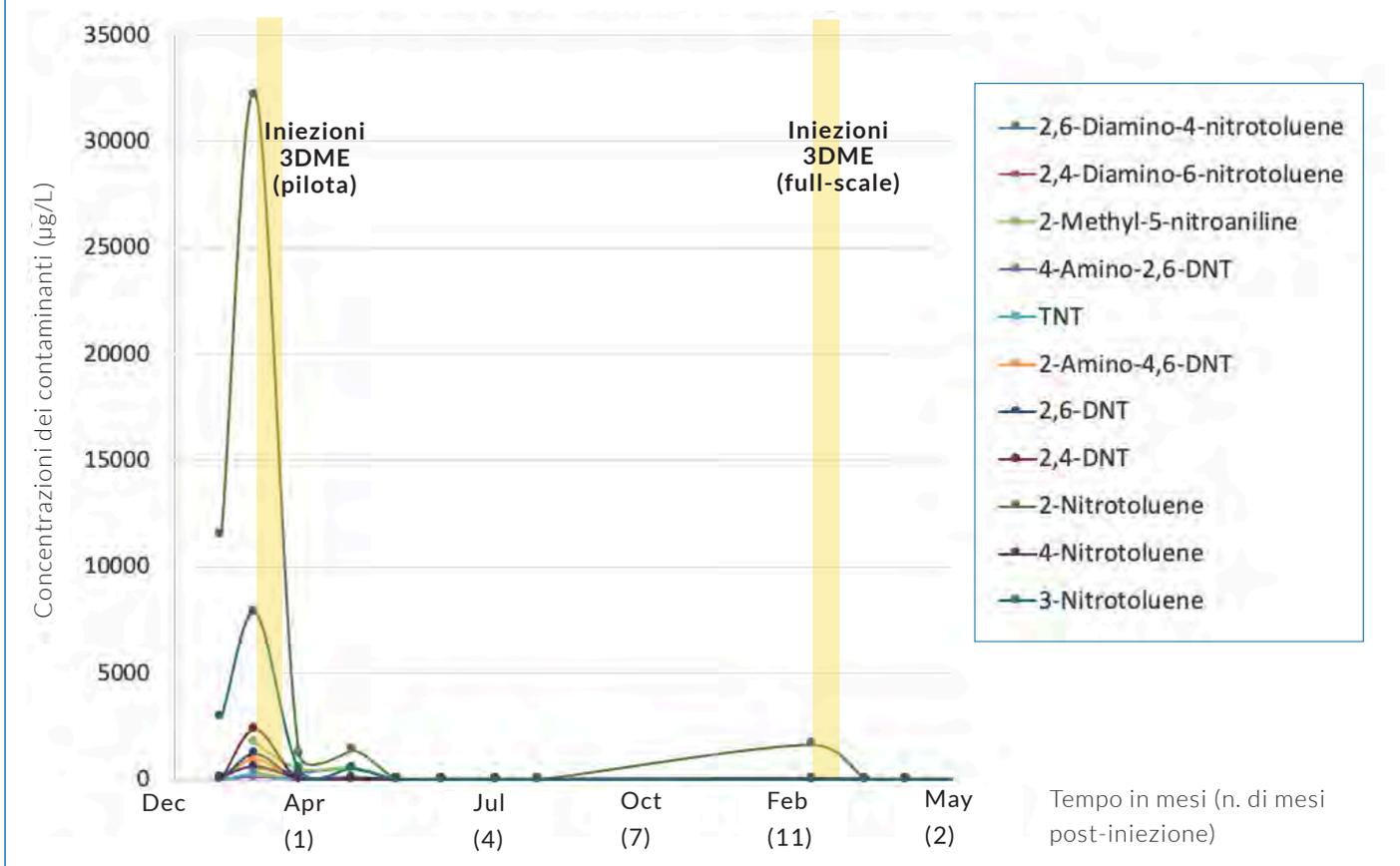




Fig. 7 Injection into wells

CONCLUSIONI

- Un'ampia gamma di contaminanti nitroaromatici è stata trattata efficacemente usando un approccio combinato di bonifica in situ.
- Sono state ottenute riduzioni significative delle concentrazioni dei contaminanti nelle aree sorgente e nei plume.
- Realizzando uno studio pilota utilizzando diversi prodotti REGENESIS, è stata valutata l'efficacia di diversi percorsi di trattamento.
- Ciò ha consentito di selezionare l'approccio di bonifica ottimale - biodegradazione anaerobica mediante 3DME - e di applicarlo con successo nel full-scale.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

3-D Microemulsion® – Emulsione di elettrodonatori a rilascio sequenziale e con un'ampia distribuzione areale, per la biodegradazione anaerobica potenziata ottimizzata dei composti clorurati

ORC Advanced® – Biodegradazione aerobica accelerata di idrocarburi fino a un anno con una singola applicazione.

RegenOx® – ISCO potente e sicura, compatibile con sottoservizi e strutture interrate.

Per ulteriori informazioni, si prega di mettersi direttamente in contatto o di visitare il nostro sito web.

Bibliografia:

- (1) McCormick NG et al; Appl Environ Microb 31: 949-58 (1976)
- (2) Paca J et al; Soil Sediment Contam 14: 262-279 (2005)
- (3) Struijs J, Stoltenkamp J; Sci Total Environ 57: 161-70 (1986)
- (4) Rieger P, Knackmuss H; Environmental Science Research, Ed J C Spain: Vol 49 (1995)
- (5) Barnes et al; Proceedings from the 6th International In Situ and on-Site Bioremediation Symposium, San Diego, California, June (2001)



CONTATTI:

italy@regenesi.com
+39 338 8717925

www.regenesi.com