

CASO STUDIO 1

RIMODULAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA AI SENSI DEL DLgs 152/06

1. PREMESSA

L'analisi di rischio è stata presentata dall'Azienda allo scopo di rimodulare gli obiettivi di bonifica per i suoli, in conformità a quanto previsto dal DLgs 152/06. La falda non è stata presa in considerazione in quanto oggetto di un progetto di bonifica specifico che riporterà le concentrazioni degli inquinanti ai valori di CSC.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

Le aree oggetto dell'analisi di rischio all'interno del sito in esame hanno una destinazione d'uso industriale, pertanto, per la destinazione d'uso del sito, i valori di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) sono quelli riportati all'Allegato 5 alla Parte IV, Tabella 1, Colonna B (matrice suolo, uso industriale). Le attività industriali insistenti all'interno delle aree di proprietà dell'Azienda, sono state interrotte in via definitiva; le sovrastrutture ancora presenti all'interno dell'area (capannoni, impianti, serbatoi fuori terra, ecc.) sono in via di dismissione. Pertanto non è possibile individuare, presso l'area in esame, edifici ad uso lavorativo attivi o potenzialmente riattivabili, in quanto tutte le strutture ancora esistenti sono in fase di demolizione. La gran parte della superficie del sito risulta non impermeabilizzata

Dal punto di vista stratigrafico, sia il suolo superficiale (0-1 m) che quello insaturo (1- 3,5 m) sono caratterizzati dalla presenza di un riporto eterogeneo (generalmente costituito da ghiaia e sabbia, frammisti a materiale limoso argilloso) e dalla presenza di depositi continentali (a volte affioranti in superficie) costituiti da materiale fine in prevalenza limoso e limo sabbioso.

Per quanto riguarda la falda, la soggiacenza dal p.c. varia da 2 a 3,5-3,8 m dal p.c.; in via conservativa si è assunta una soggiacenza media pari a 3,5 m dal p.c.

Sono stati individuati 2 diversi orizzonti di suolo ai quali applicare le procedure di analisi del rischio; si tratta in particolare di:

- suolo superficiale: 0-1 m dal p.c.
- suolo insaturo profondo: 1-3,5 m dal p.c.

Di seguito si evidenziano i superamenti dei valori di riferimento (CSC, Concentrazioni Soglia di Contaminazione) stabiliti dal D,lgs 152/06, All.5, Tab.1, ColB, relativi alle singole matrici ambientali.

Le concentrazioni riportate nelle seguenti Tabelle si riferiscono alla frazione secca inferiore ai 2 mm; è pertanto stato escluso, in via cautelativa, l'eventuale effetto di diluizione costituito dallo scheletro

Nella seguente Tabella sono riportati i superamenti relativi alla matrice suolo Superficiale

| Profondità m dal p.c. | Parametro | Concentrazione mg/kg | CSC mg/kg |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| 0-1 | Mercurio | 8,2 | 5 |
| 0-1 | Mercurio | 200 | 5 |
| 0-1 | Mercurio | 8,6 | 5 |
| 0-1 | Mercurio | 50 | 5 |
| 0-1 | Mercurio | 370 | 5 |
| 0-1 | Mercurio | 240 | 5 |
| 0,2-1,1 | Mercurio | 400 | 5 |
| 0,2-1,1 | Mercurio | 34 | 5 |
| 0-0,2 | PCDD/F (I-TE) | 0,0008965 | 0,0001 |
| 0,1-0,9 | Idrocarburi pesanti | 1200 | 750 |
| 0-1,1 | Zinco | 2100 | 1500 |

Si evidenzia una contaminazione diffusa da mercurio e la presenza di 3 anomalie superficiali, localizzate in altrettanti sondaggi, con superamenti delle CSC per PCDD/F, Zinco e Idrocarburi pesanti. Nella seguente Tabella sono riportati i superamenti relativi alla matrice suolo insaturo.

| Profondità m dal p.c. | Parametro | Concentrazione mg/kg | CSC mg/kg |
|--------------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| 1-2,7 | Mercurio | 44 | 5 |
| 1,1-2 | Mercurio | 52 | 5 |
| 2-3 | Monoclorobenzene | 60 | 50 |

Si evidenziano ancora superamenti per il mercurio e un singolo superamento per il parametro monoclorobenzene.

3. CRITERI UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO

Secondo quanto previsto dal D.lgs. 152/06, gli inquinanti da sottoporre ad analisi del rischio sito specifica sono quelli per i quali sono stati evidenziati superamenti dei valori di riferimento, costituiti dalla CSC nelle matrici ambientali di interesse (nel caso specifico suolo superficiale, insaturo e saturo).

Gli inquinanti da sottoporre a valutazione del rischio per la individuazione delle CSR (Concentrazioni Soglia di Rischio), sono:

Suolo Superficiale (0-1 m)

- Mercurio
- Zinco
- PCDD/F (diossine e furani)
- Idrocarburi pesanti

Suolo Insaturo (1-3,5 m)

- Mercurio
- Monoclorobenzene

I limiti di accettabilità del rischio assunti a riferimento sono stati così stabiliti:

Effetti non cancerogeni: HQ (Hazard Quotient) pari a 1, sia per la sostanza singola che per il rischio cumulato.

Effetti cancerogeni: TR (Target Risk) pari a 10^{-6} se riferito alla sostanza singola e 10^{-5} se riferito al rischio cumulato.

Le CSR calcolate tramite l'analisi del rischio dovranno quindi essere tali da rispettare i limiti sopra esposti per le vie di esposizione considerate.

Come già evidenziato nel capitolo 5, le sostanze chimiche di interesse (o COC) selezionate per la presente analisi del rischio sono le seguenti:

Suolo Superficiale (0-1 m)

- Mercurio
 - Zinco
 - PCDD/F (diossine e furani)
 - Idrocarburi pesanti
- Suolo Insaturo (1-3,5 m)

- Mercurio
- Monoclorobenzene

I livelli di concentrazione riscontrati sono riportati nella tabella seguente.

| Inquinante | Matrice ambientale | Concentrazione (mg/kg) |
|---------------------|---|------------------------|
| Mercurio | Suolo Superficiale (0-1 m) / Insaturo (1-3,5 m) | 234** |
| Zinco | Suolo Superficiale (0-1 m) | 2100* |
| PCDD/F | Suolo Superficiale (0-1 m) | 0,000896* |
| Idrocarburi pesanti | Suolo Superficiale (0-1 m) | 1200* |
| Monoclorobenzene | Suolo insaturo (1-3,5 m) | 60* |

* Concentrazione massima rilevata

** Concentrazione pari alla UCL95% della media aritmetica relativi a tutti i valori superiori alla CSC (suolo superficiale e suolo insaturo).

Nella seguente tabella sono riportate le vie di esposizione e relativi recettori considerati all'interno della presente analisi del rischio.

| Matrice contaminata | Via di esposizione | Recettori |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Suolo superficiale (0-1 m) | Ingestione | Lavoratori on site |
| Suolo superficiale (0-1 m) | Contatto dermico | Lavoratori on site |
| Suolo superficiale (0-1 m) | Inalazione outdoor di polveri | Lavoratori on site |
| Suolo superficiale (0-1 m) | Inalazione outdoor di vapori | Lavoratori on site |
| Suolo insaturo (1-3,5 m) | Inalazione outdoor di vapori | Lavoratori on site |

Con riferimento alle vie di esposizione sopra elencate, si precisa quanto segue:

- La maggior parte delle superfici dell'area Dow non sono impermeabilizzate; pertanto, con riferimento alla matrice suolo superficiale, è sempre stata investigata la modalità di esposizione legata all'ingestione, contatto dermico ed inalazione outdoor di polveri.
- Presso l'area, le poche strutture (impianti e qualche edificio) ancora presenti, oltre che attualmente inutilizzate, sono in fase di demolizione o verranno presto smantellate; pertanto, l'unica via di esposizione indiretta ragionevolmente attiva è quella relativa alla inalazione outdoor (polveri e vapori).

Infine si segnala che, ai fini del calcolo delle CSR, secondo quanto previsto dalle procedure APAT, i rischi relativi all'esposizione outdoor (suolo superficiale - ingestione, contatto dermico ed inalazione) saranno tra loro sommati.

4. MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Per quanto riguarda la geometria della contaminazione, questa è stata valutata in funzione del numero di sondaggi "potenzialmente contaminati" (che presentano superamenti delle CSC) presenti nell'area; in particolare, si è attribuito a ciascun sondaggio contaminato una estensione pari a 2.500 mq (la distanza media tra un sondaggio e l'altro è pari a circa 50 m). Secondo tale procedura, nella seguente Tabella sono riportati:

- Estensione della contaminazione;
- Lunghezza del suolo parallela alla velocità del vento (stima sulla base dell'estensione dell'area contaminata)

| Matrice | Inquinante | Estensione | Lunghezza parallela al vento |
|--------------------|-------------------------------|------------|------------------------------|
| Suolo superficiale | Mercurio | 20.000 mq | 140 m |
| Suolo superficiale | Zinco | 2.500 mq | 50 m |
| | Idrocarburi pesanti PCDD/F | | |
| Suolo insaturo | Mercurio | 5.000 mq | 70 m |
| Suolo insaturo | Monoclorobenzene | 2.500 mq | 50 m |

Per quanto riguarda i parametri meteorologici, sono stati inseriti i seguenti valori:

- Velocità del vento: 3,5 m/s; tale valore non è quello di default, ma è sito specifico essendo stato desunto dai calcoli derivanti dall'analisi del triennio 1991-1993, la velocità media del vento si attesterebbe in realtà su valori superiori, pari a circa 4,6-4,8 m/s; in via conservativa, è stato assunto a riferimento un valore molto più basso, pari appunto a 3,5 m/s.

- Altezza di mescolamento: 2 m (valore di default proposto da ASTM).

Per quanto attiene i parametri della zona vadosa, questi sono strettamente legati alle caratteristiche granulometriche del sottosuolo nella zona di indagine; lo strato insaturo di terreno è caratterizzato dalla presenza di livelli ghiaioso sabbiosi intercalati da materiale più fine e depositi continentali limosi; la classe granulometrica dell'insaturo è stata assimilata a quella delle sabbie limose.

Per quanto riguarda altri parametri, sono stati inseriti parametri sito specifici, derivati da misurazioni effettuate presso l'area stessa o presso aree limitrofe. Nella seguente Tabella sono riportati detti parametri e relativi valori:

| Parametro | Valore |
|-------------------|--------|
| Foc zona insaturo | 0,0024 |
| pH terreno | 8,8 |
| Soggiacenza falda | 3,5 m |

Nella seguente Tabella sono riportati i parametri di esposizione utilizzati.

| Modalità esposizione /Recettore | Parametro | Valore |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| Lavoratori on site | Peso corporeo | 70 kg |
| Inalazione outdoor – Lavoratori on site | Durata esposizione | 25 anni |
| Inalazione outdoor – Lavoratori on site | Frequenza esposizione | 250 giorni/anno |
| Inalazione outdoor – Lavoratori on site | Frequenza giornaliera di esposizione | 8 ore/giorno |
| Inalazione outdoor – Lavoratori on site | Tasso di inalazione | 1,5 m ³ /h |
| Ingestione suolo / contatto dermico – Lavoratori on site | Durata esposizione | 25 anni |
| Ingestione suolo / contatto dermico – Lavoratori on site | Frequenza esposizione | 250 giorni/anno |
| Ingestione suolo – Lavoratori on site | Tasso di ingestione | 50 mg/d |
| Contatto dermico – Lavoratori on site | Superficie di pelle esposta | 3300 cm ² |
| Contatto dermico – Lavoratori on site | Fattore di aderenza | 1 mg/cm ² d |

I parametri chimico fisici e tossicologici sono stati integralmente desunti dal database elaborato da ISS e ISPESL (Agosto 2006). Per quanto riguarda i seguenti parametri, occorre precisare quanto segue:

- Per quanto attiene gli idrocarburi pesanti, si è scelto di riferirsi alla classe alifatici C9-C18, riportata da APAT nella sopraccitata banca dati; tale frazione appare la più

rappresentativa, anche alla luce dell'assenza, nello stesso campione di suolo, di componenti aromatiche pesanti, quali quelle rappresentate dagli IPA.

· Per quanto riguarda il mercurio, stante l'elevato valore di pH del suolo (pari a 8,8), è stato assunto un Kd (coefficiente di adsorbimento al suolo) pari a 200.

5. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO

Nel presente paragrafo si riportano i risultati dell'analisi del rischio sviluppata secondo la modalità inversa (backward), secondo quanto previsto dall'attuale normativa di settore (D.Lgs. 152/06).

Nelle seguenti Tabelle sono riportate le CSR calcolate per il suolo superficiale (0-1 m) e per il suolo insaturo (1-3,5 m). Per quanto riguarda il suolo superficiale, la CSR è stata calcolata separatamente per l'esposizione diretta (ingestione e contatto dermico) e per quella indiretta (inalazione outdoor); è stata poi calcolata la CSR legata al rischio integrato (esposizione diretta più quella indiretta). Per quanto riguarda il suolo insaturo, la CSR si riferisce esclusivamente alla via di esposizione indiretta (inalazione outdoor).

Come già accennato in premessa, nel caso di CSR inferiore alla rispettiva CSC (Concentrazione Soglia di Contaminazione), si è assunta quest'ultima quale concentrazione obiettivo della bonifica.

| Parametro | CSR (mg/kg) Ingestione e contatto dermico | CSR (mg/kg) Inalazione outdoor | CSR (mg/kg) Integrata | CSC (mg/kg) |
|---------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Mercurio | 369 | 26,4 | 24,6 | 5 |
| Zinco | 369.000 | > 10 ⁵ | 369.000 | 1.500 |
| Idrocarburi pesanti | 26.900 | 31.600 | 14.500 | 750 |
| PCDD/F (I-TE) | 0,0001* | 0,0025 | 0,0001* | 0,0001 |

* Posta pari a CSC (in quanto CSR<CSC)

| Parametro | CSR (mg/kg) Inalazione outdoor | CSC (mg/kg) |
|------------------|--------------------------------------|-------------|
| Mercurio | 52,8 | 5 |
| Monoclorobenzene | 1260 | 60 |

Dalle precedenti Tabelle emerge come le CSR siano costantemente superiori alle rispettive CSC; l'unica eccezione è rappresentata dal PCDD/F, per la quale la CSR corrisponde alla rispettiva CSC.

Nella seguente Tabella sono riportate le CSR cumulate per suolo superficiale e insaturo, ovvero quelle concentrazioni calcolate in modo che il rischio cumulato (relativo all'intera miscela di contaminanti) sia inferiore ai livelli massimi ammissibili (10⁻⁵ per il rischio cancerogeno e 1 per quello non cancerogeno).

Il calcolo è stato effettuato secondo una procedura iterativa (try and error) per le seguenti vie di esposizione:

- Ingestione, contatto dermico, inalazione di polveri e vapori (esposizione diretta più indiretta) per il suolo superficiale.
- Inalazione outdoor di vapori per il suolo insaturo.

| Parametro | CSR (mg/kg) Suolo superficiale | CSR (mg/kg) Suolo insaturo | CSC (mg/kg) |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Mercurio | 19,9 | 47,5 | 5 |
| Monoclorobenzene | - | 126 | 60 |
| Zinco | 3.690 | - | 1.500 |
| Idrocarburi pesanti | 2.620 | - | 750 |
| PCDD/F (I-TE) | 0,0001* | - | 0,0001 |

* Posta pari a CSC (in quanto CSR<CSC)

Come emerge dalla lettura della precedente Tabella, le CSR relative al rischio cumulato sono costantemente più restrittive rispetto a quanto precedentemente calcolato per le singole sostanze.

6. CONCLUSIONI

Sulla base delle elaborazioni sopra riportate, le CSR più restrittive calcolate secondo le procedure di analisi del rischio sono quelle relative al rischio cumulato. Tali concentrazioni costituiscono i nuovi limiti di riferimento dei suoli insaturi (obiettivi di bonifica) per l'area in esame. Sulla base di queste nuove concentrazioni obiettivo, nelle seguenti tabelle sono identificati i sondaggi che presentano superamenti delle CSR, così come definite al precedente paragrafo.

| Profondità m dal p.c. | Parametro | Concentrazione mg/kg | CSR mg/kg |
|--------------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| 0-1 | Mercurio | 200 | 19,9 |
| 0-1 | Mercurio | 50 | 19,9 |
| 0-1 | Mercurio | 370 | 19,9 |
| 0-1 | Mercurio | 240 | 19,9 |
| 0,2-1,1 | Mercurio | 400 | 19,9 |
| 0,2-1,1 | Mercurio | 34 | 19,9 |
| 0-0,2 | PCDD/F (I-TE) | 0,0008965 | 0,0001 |

| Profondità m dal p.c. | Parametro | Concentrazione mg/kg | CSR mg/kg |
|--------------------------|-----------|-------------------------|--------------|
| 1,1-2 | Mercurio | 52 | 47,5 |

Sulla base di tali valori, che rappresentano i nuovi limiti di bonifica dell'area, sono stati individuati i sondaggi / aree che necessitano di interventi di bonifica; in particolare si tratta di:

- Area Mercurio (suolo superficiale): si conferma la necessità di intervento presso l'area contaminata da mercurio.
- Anomalie superficiali: si evidenzia la necessità di intervenire esclusivamente presso il sondaggio contaminato da PCDD/F.
- Area Mercurio (suolo insaturo): si conferma la necessità di intervenire presso uno dei due sondaggi già risultati contaminati.
- Viene escluso da interventi di bonifica il suolo insaturo contaminato da monoclorobenzene

Le indicazioni sopra riportate forniranno quindi la base per la redazione del Progetto Definitivo di Bonifica dei suoli.