

**BONIFICA DELL'AREA PRESSO STRADA PER
ASIGLIANO N°6/8 - VERCELLI**

PROGETTO PRELIMINARE

(D.M. 471/99)

Redatto dal Gruppo di Lavoro



Dott. Mirca Guerra (Chimico Industriale)

Mirca Guerra

Dott. Massimo Capacci (Chimico Industriale)

Massimo Capacci

Dott. Michele Gallini (Geologo)

Michele Gallini

INDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | <i>PREMESSA</i> | 4 |
| 1.1 | Inquadramento dell'area oggetto del presente Progetto Preliminare | 4 |
| 2. | <i>ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO</i> | 5 |
| 2.1 | Risultati ottenuti dall'investigazione iniziale nelle aree esterne al sito..... | 5 |
| 2.2 | Risultati ottenuti dall'investigazione iniziale e dagli accertamenti successivi effettuati all'interno del sito. | 5 |
| 2.3 | Livelli di contaminazione riscontrati sull'area: stima dei volumi delle scorie..... | 7 |
| 3. | <i>ANALISI DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI PER LA BONIFICA O LA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE</i> | 10 |
| 3.1 | Obiettivi generali degli interventi di bonifica, ripristino ambientale, messa in sicurezza | 10 |
| 3.2. | Modello Concettuale Definitivo del Sito | 10 |
| 3.3 | Individuazione delle tecnologie potenzialmente applicabili..... | 11 |
| 3.4 | Descrizione delle tecnologie potenzialmente applicabili | 13 |
| 3.4.1. | Soil Flushing..... | 13 |
| 3.4.2. | Stabilizzazione /Solidificazione..... | 15 |
| 3.4.3 | Soil washing | 17 |
| 3.4.4 | Tecnologie in situ di isolamento della contaminazione | 19 |
| 3.4.4.1 | Isolamento della superficie (capping)..... | 19 |
| 3.4.4.2 | Isolamento della contaminazione mediante barriere impermeabili verticali, orizzontali, inclinate. | 21 |
| 3.4.5 | Smaltimento in discarica..... | 23 |
| 3.5 | Quadro riassuntivo delle tecnologie descritte | 24 |
| 3.6 | Selezione delle tecnologie sulla base delle caratteristico sito specifiche..... | 25 |
| 3.6.1 | Applicazione al caso in esame delle tecnologie in-situ di isolamento | 26 |
| 3.6.2 | Applicazione al caso in esame delle tecnologie on-site di isolamento..... | 27 |
| 3.6.3 | Applicazione al caso in esame del conferimento in discarica off site..... | 28 |
| 4. | <i>APPLICAZIONI DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA AL SITO IN ESAME</i> | 29 |
| 4.1 | Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C con ripristino ambientale delle aree scavate..... | 29 |
| 4.2 | Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C con conseguente impermeabilizzazione superficiale delle rimanenti aree non pavimentate | 30 |
| 4.3 | Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C e dei rifiuti a possibile contatto con la falda (parte del LOTTO D) con impermeabilizzazione superficiale delle rimanenti aree non pavimentate..... | 30 |
| 5. | <i>ANALISI DI RISCHIO SPECIFICA ADOTTATA PER IL SITO</i> | 31 |
| 5.1 | Introduzione..... | 31 |
| 5.2 | Metodologia utilizzata | 31 |
| 5.3 | Applicazione dell'analisi di rischio e risultati conseguiti | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4 Osservazioni e conclusioni | 34 |
| 5.5 Applicazione dell'analisi di rischio allo scenario 3: confronto tra software R.B.C.A. e GIUDITTA | 35 |
| 5.5.1 Risultati conseguiti | 35 |
| 6. DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA DI BONIFICA SCELTA PER IL SITO IN ESAME E STIMA DI MASSIMA DEI COSTI..... | 37 |
| 6.1 Descrizione dell'intervento | 37 |
| 6.1.1 fasi principali di cui si compone l'intervento..... | 37 |
| 6.1.2 Tempi di realizzazione degli interventi..... | 39 |
| 6.1.3 Costi di massima associati agli interventi proposti..... | 39 |
| 6.2 Progettazione per fasi..... | 39 |
| 7. INTERVENTI DA ESEGUIRSI NELLE AREE ESTERNE AL SITO RISULTATE CONTAMINATE: OPERE DI BONIFICA DEL CANALE LAMPORETTO..... | 40 |
| 7.1 Costi associati all'intervento di pulizia del canale Lamporetto | 40 |

ALLEGATI

- Allegato n. 1: Piano di investigazione iniziale
- Allegato n. 2: Planimetria dei lotti A B C D
- Allegato n. 3: Analisi del Rischio Sanitario
- Allegato n. 4: Analisi del Rischio Sanitario – Confronto tra software RBCA e GIUDITTA
- Allegato n. 5: Aree soggette a bonifica e a Messa in Sicurezza

APPENDICI

- Appendice n. 1: Determinazione delle diossine nella catena alimentare del riso

1 PREMESSA

Il presente documento ed i relativi allegati costituiscono il Progetto Preliminare per la bonifica dell'area sita in Strada per Asigliano, 6/8 nel Comune di Vercelli. Esso è stato redatto in accordo con le indicazioni del D.M. del 25.10.1999 n. 471 'Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 e successive modificazioni e integrazioni'. In particolare si è fatto riferimento all'art. 10 e all'allegato 4 "criteri generali per la redazione del progetto di bonifica".

Il Progetto Preliminare seguente è redatto dalla società Akron Spa per conto della società Atena Spa, proprietaria dell'area d'intervento.

In relazione alla procedura attivata da Atena Spa ai sensi del DM 471/99 relativamente all'area in questione, si ricorda che:

- La destinazione d'uso dell'area è "Uso pubblico, impianti ed attrezzature tecniche generali, inceneritore ed impianti per la nettezza urbana"; pertanto i limiti di riferimento sono quelli indicati nella colonna B della Tabella 1 dell'allegato 1 al D.M. n° 471/99.
- Il presente Progetto Preliminare di bonifica è conseguente alla fase di investigazione definita nel "Piano della Caratterizzazione" e successiva "integrazione al piano della caratterizzazione" approvato nella Conferenza dei Servizi svoltasi in Vercelli in data 01.07.2003.
- L'esecuzione della fase investigativa sul sito, svolta dalla società Akron Spa, ha portato alla caratterizzazione di dettaglio dell'area. Tale fase è stata svolta nei mesi di Agosto e Settembre 2003 ed il sunto dei risultati viene riportato nel capitolo 2 "analisi dei livelli d'inquinamento" del presente documento.

1.1 Inquadramento dell'area oggetto del presente Progetto Preliminare

Il sito in oggetto si trova nell'immediata periferia a sud della zona urbana di Vercelli; l'area indagata ha un'estensione di circa 68.000 m² delimitata a Nord dal canale di scolo Lamporetto (direzione del flusso ONO – ESE) e da alcuni capannoni artigianali e ad Est dalla Strada Provinciale per Asigliano mentre a Sud ed a Ovest da aree di proprietà privata ad uso agricolo. Nel sito sono ubicati gli impianti e i servizi di Atena Spa e l'inceneritore dei rifiuti urbani di Vercelli.

2. ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO

In questo capitolo, come prescritto dal D.M. 471/99, viene definita l'estensione ed il grado dell'inquinamento e vengono individuate le aree ed i volumi dei materiali e delle matrici ambientali a cui applicare i trattamenti di bonifica o gli interventi di messa in sicurezza permanente.

Per un dettaglio maggiore sia delle modalità operative che degli accertamenti effettuati nel corso delle attività di investigazione si rimanda alla relazione descrittiva delle attività di investigazione iniziale ed ai suoi allegati (vedi *Allegato I*), posta a completamento del presente progetto.

Il piano di investigazione ha interessato sia l'area interna al sito in oggetto che quella posta all'esterno di esso.

2.1 Risultati ottenuti dall'investigazione iniziale nelle aree esterne al sito

Sono stati eseguite, all'esterno dell'area di proprietà Atena SpA., accertamenti al fine di valutare l'eventuale impatto ambientale dovuto alle emissioni provenienti dal forno inceneritore e alla contaminazione presente all'interno del sito.

I risultati ottenuti, riportati in dettaglio all'interno della relazione in *Allegato I*, vengono sommariamente riassunti:

- nel Canale Lamporetto, adiacente al sito, si è rilevata la presenza di diossina in acqua nel punto di campionamento 1A (a monte del sito) e nei sedimenti al punto SD3 (punto di campionamento a valle del sito) dove è stata riscontrata anche presenza di mercurio;
- i campioni di terreno prelevati in aree esterne hanno evidenziato una contaminazione superficiale di diossine in due punti situati in prossimità del sito (campioni CE1 e CE2); i rimanenti campioni, prelevati entro un raggio di 0,5 km, di 1 km e di oltre 3 km dal sito, presentano tracce di PCB ed, in alcuni punti, di IPA. Poiché i terreni limitrofi al sito vengono coltivati a risaie, è stato individuato un progetto di monitoraggio atto a valutare se e come la contaminazione da diossine possa interagire con la catena alimentare del riso; in *Appendice* al presente Progetto Preliminare viene pertanto descritta la campagna di analisi da effettuarsi a partire dal marzo 2005.

2.2 Risultati ottenuti dall'investigazione iniziale e dagli accertamenti successivi effettuati all'interno del sito.

L'area oggetto delle attività di investigazione è distinta in due diverse zone tra loro separate da una recinzione: una su cui insiste l'inceneritore di RSU della città di Vercelli e che comprende

oltre ai forni anche zone ed impianti ad essi asserviti e l'altra utilizzata dalla società multiservizi di Vercelli come sede operativa (Atena SpA) che comprende uffici, depositi, officine, rimesse, ecc. Tutte le aree sono di proprietà Atena ma la zona dell'inceneritore è gestita da una società terza.

Le indagini eseguite nel corso della caratterizzazione del sito hanno evidenziato:

- la presenza di rifiuti interrati e rifiuti misti a terreno dislocati nell'intera area; i rifiuti sono essenzialmente costituiti da scorie (talvolta frammiste ad altri tipi di rifiuti quali macerie da costruzione) derivanti dalle attività dell'inceneritore. Tali "scorie", di natura prevalentemente metallica, presentano concentrazioni di elementi pesanti (piombo, zinco, rame, cadmio) e di diossine sopra i limiti per siti industriali (secondo il D.M. 471/99 allegato 1 Tab. 1 colonna B) e sono presenti nel suolo e nel sottosuolo di entrambe le distinte aree. Nella zona dell'inceneritore sono presenti scorie in grande quantità a partire già dal piano di calpestio (zona "discarica"); in quest'area sono stati rilevati spessori di scorie variabili da pochi decimetri fino a un massimo di 2,7 metri (si fa presente che nei sondaggi relativi ai piezometri Pz1 e Pz2, eseguiti in data 30/11/94 e quindi precedenti al piano di investigazione iniziale, sono stati rinvenuti strati di scorie fino a 4 metri dal piano di calpestio). Nell'area gestita direttamente dalla proprietà Atena sono stati riscontrati strati di scorie a spessore variabile (fino ad un massimo di 1,1 m) collocate nel sottosuolo a partire da una profondità variabile tra 0,1 e 0,9 metri circa.
- I terreni adibiti a superfici verdi e sovrastanti le scorie presentano concentrazioni di diossine che non superano i limiti definiti dal DM 471/99 per uso industriale/commerciale ad eccezione di un punto (campione SC1C1) per il quale vi è superamento del limite; il punto di campionamento è ubicato nelle immediate vicinanze di una piazzola di stoccaggio temporaneo delle scorie attualmente prodotte.
- I terreni sottostanti le scorie non sono risultati contaminati in quanto le indagini analitiche effettuate non hanno rilevato presenza di inquinamento (né per metalli pesanti né per sostanze di natura organica).
- Nelle acque di falda risultano superati i limiti del D.M. 471/99 per nichel e manganese mentre le concentrazioni di diossine sono sempre inferiori ai limiti prescritti dal D.M. citato e sono presenti in tracce solo in alcuni piezometri. Il profilo analitico è conforme a quanto riscontrato nei monitoraggi effettuati da ARPA negli ultimi 10 anni.
- Durante l'esecuzione delle trincee è stata riscontrata, nella zona della discarica (T8, T9), la presenza di scorie sotto il livello di falda. Il test di cessione in acido acetico eseguito sulle scorie, pur confermando la scarsa mobilità dei metalli in esse contenuti, rileva che comunque una certa quantità viene ceduta per cui se i dati riscontrati in eluizione vengono confrontati con i limiti del DM 471 per le acque di falda, è allora ipotizzabile che le scorie sotto falda possano costituire nel tempo una potenziale sorgente di contaminazione per le acque. Per verificare l'estensione e la profondità delle scorie in zona satura è stato eseguito un rilievo topografico dei

diversi punti di campionamento, del livello delle acque superficiali e di altri riferimenti altimetrici come le risaie confinanti e la strada di accesso (via per Asigliano).

I dati di topografia resi disponibili hanno evidenziato che durante le fasi delle attività di esecuzione del piano della caratterizzazione (agosto 2003) la falda si trovava, nella zona della discarica, ad una profondità di circa 1,9 -2,0 m rispetto ad un piano quotato locale; di conseguenza le scorie erano presenti in zona satura fino ad una profondità massima di circa 0,5 m (T8) per una superficie di contatto tra falda e scoria ipotizzata pari in 2500 m²; durante le operazioni di campionamento è effettivamente emerso che una quota parte delle scorie si trovava a contatto con l'acqua. I dati di profondità della falda misurati in una campagna successiva (gennaio 2004) hanno evidenziato l'abbassamento del livello delle acque di circa 0,3 m.

Nelle restanti aree del sito, durante la fase di caratterizzazione, non sono state riscontrate zone con presenza di scorie in zona satura.

E' importante sottolineare il fatto che dati di riferimento sull'escursione della falda superficiale nel corso dell'anno non sono a disposizione. In particolare non è noto con precisione come l'attività di coltivazione del riso incida sul livello delle acque nel periodo di allagamento delle risaie, che si protrae per circa 2 mesi all'anno. In conseguenza di ciò si assume, in via precauzionale, che le acque raggiungano il piano delle risaie. La conseguenza principale delle assunzioni fatte è che le profondità massime della contaminazione in zona satura raggiungono 1,6 m e le superfici a contatto risultano, nell'area della discarica, di circa 10.600 m².

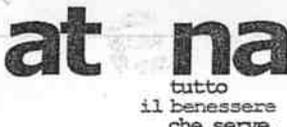
Basandosi sullo stesso assunto è coerente ipotizzare che possano esistere altre zone nelle quali possono essere presenti scorie al di sotto del livello delle risaie, come la zona PZ4 per una profondità massima di circa 0,2 m e per un'area superficiale ipotizzata pari a circa 1.000 m²; in questo punto, tuttavia, all'atto del campionamento non si è avuta alcuna evidenza del contatto tra scorie e falda.

2.3 Livelli di contaminazione riscontrati sull'area: stima dei volumi delle scorie

Le aree di proprietà Atena, già suddivise precedentemente in area dell'inceneritore ed area gestita dalla società di multiservizi, verranno di seguito ulteriormente suddivise in lotti, in maniera tale da semplificare la valutazione dei volumi di scorie e per poter individuare per ciascun lotto le tecnologie e le modalità di intervento.

Nella planimetria riportata in *Allegato 2* è evidenziata la suddivisione delle aree nei diversi lotti. Per ogni porzione individuata sono indicati gli spessori medi delle scorie e del terreno contaminato e la profondità massima di rinvenimento.

L'area dell'inceneritore è suddivisibile in 3 lotti così caratterizzati:

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 8 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00</p> |
|---|---|---|

LOTTO A: è la “discarica” cioè la zona dove si trova la maggior parte delle scorie accumulate, comprensiva di una parte della strada di accesso alla discarica sotto la quale sono stati rinvenuti elevati quantitativi di rifiuti. La superficie del LOTTO A è stimabile attorno a 14.600 m².

Gli spessori delle scorie variano da pochi decimetri (sondaggio SP4) fino ad un massimo di 2,7 m (Trincea T9). La profondità massima rilevata (rispetto al piano di calpestio) è risultata pari a 3,1 m (sondaggio SP3). Sulla base dei dati analitici e sulle osservazioni effettuate le quantità di scorie e materiali che superano i limiti ad uso industriale sono circa 26.000 m³.

In quest’area è stata riscontrata in fase di esecuzione del piano di caratterizzazione, come già detto, la presenza di scorie sotto il livello di falda per una profondità massima di qualche decina di centimetri.

LOTTO B: è la zona degli impianti e comprende anche gli spiazzi per gli stoccaggi provvisori di alcuni materiali e le strade per la viabilità interna, per una superficie complessiva valutata in circa 19.000 m².

In questa zona la contaminazione è meno rilevante in quanto le indagini effettuate non hanno portato all’individuazione di scorie vere e proprie ma, in alcuni casi, sono stati individuati strati di macerie ed altri materiali di scarto misto al terreno.

Poiché però nei sondaggi effettuati nelle aree limitrofe ed eseguiti nelle vicinanze della strada di accesso all’inceneritore sono stati ritrovati strati anche rilevanti di scorie (sondaggi SP8 e T6) si ritiene lecito supporre che anche sotto le strade di accesso e sotto i terreni verdi limitrofi del LOTTO B possano essere presenti strati di scorie, da considerarsi mediamente di spessore di 0,5 m, con un volume di materiali contaminati valutabile in circa 2.400 m³.

LOTTO C: si tratta di una fascia di terreno dove sono appoggiate baracche per diversi utilizzi e sono presenti piazzole in calcestruzzo per l’accumulo temporaneo delle scorie dell’inceneritore. La superficie totale dell’area è stimata in circa 12.800 m²

Non sono stati rilevati strati di scorie sotto il piano campagna tranne che una contaminazione superficiale, riscontrata nel punto SC1, che può essere estesa a tutta la fascia di terreno posto a ridosso delle piazzole di stoccaggio (per un tratto di circa 16 m). Assumendo questa ipotesi, la superficie contaminata risulta essere di circa 1600 m² e la quantità di terreno contaminato è valutato pari a circa 400 m³ (spessore considerato 0,2 m).

Le aree gestite direttamente dalla società Atena SpA possono essere considerate un lotto unico identificato come LOTTO D: nell’area sono presenti uffici, una pesa per camion, una rimessa coperta ed un parcheggio in terra battuta. Sono presenti inoltre le strade per la viabilità, piazzole e zone verdi. L’area del Lotto D è quantificata in circa 21.700 m².

Nei sondaggi effettuati in questa area sono state riscontrate notevoli quantità di scorie, soprattutto nelle zone adiacenti agli ingressi (parcheggio ed uffici).

Per queste aree lo spessore di scorie è considerato mediamente di circa 1 metro; nella rimanente area gli spessori misurati in fase di campionamento variano tra 0,4 e 0,6 m. Considerando lo spessore medio pari a circa 0,6 m su tutta l'area. ne consegue che il volume di materiale contaminato è stimato attorno a 15.500 m³.

Riassumendo le valutazioni sopra effettuate si desume che le scorie presenti su tutta l'area (superficie totale circa 68.000 m²) siano stimabili in circa 44.000 m³

3. ANALISI DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI PER LA BONIFICA O LA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

3.1 Obiettivi generali degli interventi di bonifica, ripristino ambientale, messa in sicurezza

Le metodologie di intervento sono diverse a seconda che si tratti di contaminazione di matrici ambientali o presenza di rifiuti.

Nel primo caso (matrici ambientali) gli interventi possono essere di "Bonifica" (se vengono ridotte le concentrazioni nelle matrici ambientali fino ai valori limite di riferimento per l'area in esame) o di "Bonifica con Misure di Sicurezza" (qualora nel progetto preliminare si dimostri che i valori di concentrazione limite accettabili di cui sopra non possono essere raggiunti nonostante l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili). Nel secondo caso (presenza di rifiuti) questi devono essere rimossi salvo che, analogamente al caso precedente, nel progetto preliminare si dimostri che, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili secondo i principi della normativa comunitaria, non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi; in tal caso l'intervento si configura come "Messa in Sicurezza Permanente".

Nella situazione in esame la contaminazione riguarda la presenza di scorie e scorie miste a terreno per cui si potrebbe prefigurare una situazione nella quale dovrebbero essere considerate entrambe le metodologie di intervento.

In questo capitolo verranno descritte le tecnologie potenzialmente applicabili in relazione alla contaminazione riscontrata.

3.2. Modello Concettuale Definitivo del Sito

L'area su cui intervenire è caratterizzata dalla presenza di scorie di inceneritore di tipo ferroso contenenti elevate quantità di metalli tra cui piombo, rame e zinco. Le concentrazioni massime per questi metalli raggiungono 2100 mg/kg per piombo, 6100 mg/kg per rame e 3800 mg/kg per zinco, con un valore medio di circa 950 mg/kg, 1500 mg/kg, 1800 mg/kg rispettivamente. Altri metalli presenti sono il manganese (concentrazione massima 2000 mg/kg e concentrazione media circa 800 mg/kg) ed il cadmio i cui limiti sono superati in un solo campione di scorie (con una concentrazione pari a 43 mg/kg). Le scorie contengono inoltre diossine formatesi nei processi di combustione (concentrazione massima riscontrata di 2450 ng/kg e concentrazione media di circa 400 ng/kg). Presenze rilevanti di diossine sono state riscontrate anche su un campione superficiale di terreno (SC1C1) proveniente da un'area verde adiacente ad una piazzola di accumulo di scorie in uscita dall'inceneritore.

In alcune aree le scorie si presentano frammiste a terreno o altri rifiuti (tipo macerie da costruzione la cui presenza è diffusa in ampie aree del sito).

La maggior parte della contaminazione (circa 58% del totale) si trova nella zona della discarica dove, in alcuni punti, le scorie raggiungono profondità elevate (fino a 3,1 m).

Nella discarica le scorie sono quasi sempre affioranti, mentre in tutte le restanti parti del sito si trovano sotto strati più o meno consistenti di terreno (da 0,1 m a 0,9 m).

Altri inquinanti ricercati, in quanto potenzialmente presenti, sono i Policlorobifenili (PCB) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) per i quali le concentrazioni misurate non sono mai risultate superiori ai limiti di riferimento.

Le acque di falda presentano manganese (concentrazione massima pari a 2,6 mg/l in PZ1 e media di 1,1 mg/l), peraltro già presente in ingresso al sito; la presenza di manganese risulta anche da analisi eseguite in passato in altre aree della zona di Vercelli ed è dovuta probabilmente a fattori naturali (presenza di manganese nella matrice rocciosa dell'acquifero e ceduti all'acqua in condizioni riducenti) come già evidenziato all'interno del Piano della Caratterizzazione dell'area.

E' presente inoltre nichel con concentrazione massima di 0,088 mg/l in PZ7 a valle del sito e media di 0,035 mg/l; si rileva, a titolo indicativo, che le concentrazioni di nichel nelle scorie sono sempre inferiori ai limiti di riferimento. Anche le diossine sono sempre inferiori ai limiti di riferimento.

Le acque del Canale di Scolo Lamporetto, che lambisce l'area immediatamente a Nord e prosegue verso Sud (all'altezza della strada per Asigliano) per immettersi in altri fossi, presentano manganese in quantità inferiore rispetto alle acque di falda (0,28 mg/l a monte, 0,31 a valle). Per quanto riguarda le diossine ne è stata rilevata la presenza nel campione d'acqua a monte (1A) e nel campione di sedimento a valle (SD3).

Da quanto sopra riportato si può ragionevolmente ipotizzare che le scorie presenti nel suolo e nel sottosuolo rappresentino la fonte di contaminazione caratterizzante il sito.

3.3 Individuazione delle tecnologie potenzialmente applicabili

In questo paragrafo vengono fornite indicazioni sulle tecnologie di bonifica o di messa in sicurezza permanente, andando ad individuare quelle potenzialmente applicabili al sito di Strada per Asigliano 6/8.

Il primo passo del processo di individuazione delle tecnologie di intervento è basato sulla valutazione dell'applicabilità al tipo di contaminazione riscontrata. Successivamente la selezione delle tecnologie verrà effettuata sulla base delle caratteristiche sito specifiche.

In linea generale gli interventi di trattamento e/o isolamento di rifiuti e/o di terreni contaminati si possono suddividere in:

- interventi *in-situ*: sono effettuati direttamente sul suolo e/o nel sottosuolo senza rimozione del terreno contaminato e degli inquinanti. La modalità *in-situ* consente di eliminare o limitare i problemi legati alla movimentazione dei materiali (formazione di polveri, volatilizzazioni di contaminanti, ecc.); inoltre, in molti casi, i costi associati sono inferiori rispetto agli interventi *ex-situ*.
- interventi *ex-situ*: prevedono la rimozione del terreno contaminato ed il successivo trattamento che può essere eseguito in un'apposita area ubicata all'interno del sito oggetto dell'intervento (*on-site*) oppure in un impianto autorizzato esterno all'area (*off-site*). Le modalità d'intervento *ex-situ* consentono un maggior controllo/verifica del processo di trattamento.

Le tecniche che verranno esaminate possono basarsi su principi biologici, chimici e/o fisici per raggiungere l'obiettivo di risanamento.

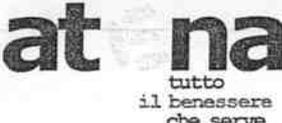
A titolo puramente indicativo si riportano nella Tab. 3.1 alcune delle tecnologie di bonifica, tra le più utilizzate, suddivise in base ai principi di trattamento.

Tabella 3.1: elenco di tecnologie ampiamente utilizzate nel campo delle bonifiche ambientali

| Tipo di trattamento | Principali tecnologie disponibili | |
|---------------------------------|--|--|
| | In situ | Ex situ |
| Degradazione biologica | Bioventing, Air sparging, Land farming, Fitotrattamento | Biocumuli, Land farming, Biorattori, Fitotrattamento |
| Chimico fisico | Soil flushing, Stabilizzazione/Solidificazione, Soil vapour extraction | Stabilizzazione/solidificazione, Soil washing, Estrazione con solvente |
| Termico | Desorbimento termico, Incenerimento, Vetrificazione | Desorbimento termico, Incenerimento, Vetrificazione |
| Chimico | Ossidazione chimica | Ossidazione e riduzione chimica |
| Isolamento della contaminazione | Impermeabilizzazione superficiale, isolamento laterale o obliquo e isolamento del fondo. | Discarica |

Poiché la contaminazione riscontrata nel sito è dovuta principalmente a composti organici recalcitranti e metalli si ritiene che siano da escludersi tutte le tecnologie basate su metodi di degradazione biologica.

Le tecniche di tipo chimico-fisico sono potenzialmente applicabili nel caso di trattamento di terreni contaminati sia da metalli pesanti che organici recalcitranti; pertanto trattamenti quali il soil flushing, il soil washing e la stabilizzazione e solidificazione verranno considerati ai fini della valutazione delle tecniche applicabili.

| | | |
|--|---|--|
|  <p>at na tutto il benessere che serve.</p> | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 13 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00</p> |
|--|---|--|

I trattamenti di tipo termico (ad esclusione della vetrificazione) vengono utilizzati nel caso di contaminazione da sostanze organiche volatili e semivolatili mentre non sono impiegabili per la decontaminazione da metalli. Anche la vetrificazione risulta inapplicabile in quanto i contaminanti presenti non consentono di ottenere buoni risultati.

Le tecniche di tipo chimico sono utilizzabili per trattare composti organici chimicamente attaccabili, in particolare da agenti ossidanti o riducenti. I composti attaccabili sono generalmente gli organici volatili o semivolatili. Può essere previsto l'uso di reattivi chimici per il trattamento di metalli nei casi in cui avvenga una reazione di ossidoriduzione che porti il composto trattato ad uno stato di tossicità inferiore. Questo trattamento viene considerato generalmente all'interno delle tecnologie di stabilizzazione.

Anche le tecniche di isolamento della contaminazione, alla luce del tipo di inquinanti presenti, possono essere potenzialmente impiegate in quanto consentono di isolare i rifiuti e le matrici contaminate dall'ambiente circostante impedendo la dispersione dell'inquinamento; pertanto la verifica della loro potenziale applicabilità verrà valutata in maniera approfondita.

Sulla base di una prima sommaria discriminazione basata sul tipo di contaminazione, le tecnologie risultate potenzialmente applicabili *in-situ* o *ex-situ* sono:

1. Soil flushing (*in-situ*)
2. Stabilizzazione / Solidificazione (*in-situ* o *ex-situ*)
3. Soil washing (*ex-situ*)
4. Tecnologie (*in-situ*) di isolamento della contaminazione (capping, barriere verticali, orizzontali)
5. Smaltimento in discarica (*ex-situ*)

3.4 Descrizione delle tecnologie potenzialmente applicabili

3.4.1. Soil Flushing

Si tratta di una tecnologia applicabile *in-situ* che si basa sulla mobilizzazione e/o solubilizzazione dei contaminanti presenti nel terreno mediante una soluzione acquosa iniettata all'interno del terreno e recuperata per mezzo di una barriera idraulica. La soluzione recuperata, arricchita di sostanze contaminanti, deve essere trattata prima di essere eventualmente nuovamente iniettata. Le soluzioni di lavaggio possono essere costituite da composti acidi/basici, da agenti complessanti, (per i metalli) oppure tensioattivi e/o cosolventi (alcoli, eteri, chetoni) per il trattamento di composti organici. I problemi maggiori della tecnologia sono dovuti alla ricerca della soluzione estraente adeguata, alla implementazione del sistema di iniezione e recupero della soluzione, al trattamento delle acque recuperate.

Il rendimento del processo di decontaminazione è legato alla capacità della soluzione introdotta di solubilizzare o comunque mobilizzare la contaminazione. Possono perciò essere trattati quei composti per i quali il processo di solubilizzazione è competitivo rispetto al processo di adsorbimento sulla matrice solida. La tecnologia risulta applicabile in teoria a numerose tipologie di contaminanti sia di tipo organico (fase liquida non acquosa-NAPLs, sostanze organiche volatili-VOCs, sostanze organiche semivolatili-SVOCs, PCBs, pesticidi alogenati, diossine e furani, cianuri e acidi organici) che di tipo inorganico (sostanze corrosive, metalli cianuri e materiali radioattivi). Riveste particolare importanza, per l'applicazione di tale tecnica, il sistema di movimentazione dei liquidi nel sottosuolo; pertanto il terreno dovrà avere una permeabilità sufficiente a far circolare il liquido nel suo interno.

I tempi di applicazione sono lunghi (mesi o anni) in quanto legati agli equilibri di ripartizione tra i contaminanti ed il fluido di ricircolo. La durata del trattamento aumenta nel caso in cui siano presenti contaminanti ad elevate concentrazioni o in fase libera (fase liquida non acquosa-NAPLs, fase liquida non acquosa pesante-DNAPLs).

I costi di applicazione della tecnologia possono essere compresi tra 75 e 210 €/ton di suolo contaminato e risultano dipendenti dalle quantità e tipologie di additivi utilizzati

Svantaggi e limitazioni: la tecnologia si è dimostrata idonea ed è stata utilizzata negli Stati Uniti in particolare per il trattamento di organici presenti in alte concentrazioni (presenza di fasi separate come LNAPLs e DNAPLs). L'applicazione in Italia non è ancora diffusa (verificata finora su impianti in scala pilota).

Questa tecnologia non risulta applicabile nei casi in cui il suolo presenti caratteristiche di bassa permeabilità oppure non sia possibile installare un efficace sistema di captazione della soluzione di drenaggio.

Altri fattori che possono incidere negativamente sulla scelta di questa tecnologia sono:

- ricerca della adeguata soluzione di trattamento in quanto l'utilizzo di determinati additivi può causare fenomeni di precipitazione che comportano una diminuzione delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo;
- problemi di recupero della soluzione estraente che potrebbe indurre una migrazione di contaminazione in falda oppure in zone prima non contaminate;
- difficoltà di depurazione della soluzione estraente;

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8</p> <p>COMUNE DI VERCELLI</p> <p><u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 15 di 40</p> <p>Data: Aprile 2004</p> <p>Rev. n.: 00</p> |
|---|--|--|

- risulta difficile poter prevedere la durata del trattamento, specialmente in presenza di fasi separate;
- la presenza di manufatti interrati nell'area di intervento (basamenti, tubazioni, ecc.) o la possibile presenza di altre cause di ostacolo o di cammini preferenziali può compromettere l'efficienza del trattamento.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame: risulta piuttosto complesso individuare una soluzione di lavaggio efficace in quanto la contaminazione è dovuta alla contemporanea presenza di composti metallici e organici recalcitranti quali le diossine.

I contaminanti rintracciati sono risultati scarsamente mobili (scarsa solubilità in acqua) per cui un intervento di mobilitazione della contaminazione potrebbe risultare più dannoso che utile, potendo causare la dispersione di contaminazione nella falda e nei terreni circostanti.

Il prodotto finale ottenibile da un eventuale trattamento sarebbero scorie (o terreni contenenti scorie) con un livello di contaminazione inferiore per cui l'obiettivo raggiungibile con questa tecnologia è riconducibile alla messa in sicurezza permanente anziché alla bonifica dell'area.

Le incognite legate alla scarsa casistica applicativa della tecnologia e gli elevati costi di trattamento per ottenere una messa in sicurezza permanente fanno sì che non si possa considerare questa tecnologia come attualmente adottabile ed immediatamente ingegnerizzabile per il sito in esame.

3.4.2. Stabilizzazione /Solidificazione

La tecnologia, comunemente nota anche con il nome di inertizzazione, consiste nella miscelazione con sostanze che, diminuendo la mobilità degli inquinanti, ne impediscono o limitano fortemente il loro trasferimento nell'ambiente. Gli inquinanti che possono essere trattati con questi metodi sono principalmente metalli ma è possibile trattare anche organici semivolatili se le concentrazioni sono basse (in caso contrario si possono creare interazioni sfavorevoli alla solidificazione con i materiali cementizi generalmente utilizzati; inoltre, ad elevate concentrazioni, gli organici potrebbero tendere a separarsi dalla matrice per accumularsi in superficie).

Le sostanze che vengono miscelate alla matrice terreno producono o una reazione chimica che lega i composti alle matrici oppure formano dei composti a bassissima solubilità (stabilizzazione). L'azione chimica è spesso legata ad un'azione di tipo fisico in quanto viene a crearsi una matrice solida compatta che trattiene fisicamente la contaminazione e limita le superfici esposte all'azione liscivante delle acque di percolazione.

Gli additivi che portano alla stabilizzazione dei contaminanti possono essere basi inorganiche, solfuri ecc. mentre le sostanze che portano ad una solidificazione della matrice possono essere sia di natura inorganica (cementi a base neutra o acida, calce, argille) che organica (sostanze termoplastiche, polimeri, composti macroincapsulanti). Usualmente vengono utilizzati cemento o calce come agenti solidificanti ed eventualmente vengono aggiunti anche composti stabilizzanti.

Le applicazioni più diffuse riguardano le modalità *ex-situ* in impianti *on-site* oppure *off-site*.

Meno utilizzata è la versione *in-situ* della tecnologia; tale processo prevede la miscelazione degli additivi, senza asportazione del terreno, tramite delle trivelle di elevate dimensioni (fino a 2 m di diametro); le profondità raggiungibili sono dell'ordine dei 20-30 metri.

Per i processi *ex-situ* i tempi di trattamento possono essere relativamente rapidi (di norma si utilizzano macchinari simili a quelli di un normale impianto di betonaggio); il costo generalmente varia tra 20 e 60 €/ton (esclusi i costi di movimentazione, ripristino ed eventuale smaltimento).

Per la modalità *in-situ* i tempi di applicazione sono legati alle superfici da trattare ed alle profondità da raggiungere. I costi dipendono dal tipo di materiale che si inietta e dall'estensione superficiale e profonda alla quale si deve arrivare; sono comunque elevati e variano approssimativamente tra 120 e 200 €/m³.

Svantaggi e limitazioni: la tecnologia non è applicabile a terreni che contengono concentrazioni elevate di sostanze organiche.

Nel caso di contaminazioni complesse è difficoltoso ottenere una miscela d'inertizzazione adeguata; inoltre alcuni metalli a comportamento anfotero possono divenire più mobili negli ambienti fortemente alcalini che si formano per aggiunta di leganti quali cemento e calce.

La presenza nei terreni di elevate percentuali di materiali a granulometria fine (argille, limi) ostacola notevolmente la miscelazione con i leganti per cui diviene difficoltosa l'applicazione della tecnologia *ex-situ* ed improponibile quella *in-situ*.

In presenza di materiali a pezzatura elevata (macerie da costruzione, ciottoli, ghiaie con diametri elevati) può essere necessario un trattamento preliminare di vagliatura.

Le tecniche di inertizzazione portano ad una alterazione sostanziale dei terreni generando materiali per i quali si pone il problema del loro riutilizzo o smaltimento. Se il materiale inertizzato non può essere riutilizzato come materiale di riempimento o sottofondo stradale (verifica tramite test di cessione con acqua deionizzata secondo l'allegato 3 del DM 5/2/98) deve essere smaltito in discarica autorizzata.

Le tecniche *in-situ* sono poco utilizzate e non si ha una casistica per poter definire esattamente l'affidabilità della tecnologia.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame: Le tecnologie *in-situ* porterebbero ad una messa in sicurezza della contaminazione; i risultati ottenibili in termini di effettivo isolamento dovrebbero però essere verificati mediante opportune prove in campo in quanto la tecnologia non presenta una casistica sufficiente per dare precise indicazioni di affidabilità sui risultati conseguibili. Inoltre i tempi di applicazione, nel caso di ampie superfici, risulterebbero essere molto elevati.

Il tipo di contaminazione presente nel sito di proprietà Atena potrebbe essere potenzialmente trattabile con la tecnologia *ex situ* ma la presenza di diossine impedisce la possibilità di riutilizzo del materiale che dovrebbe essere quindi smaltito.

Poiché il rifiuto presente è, date le sue caratteristiche, già conferibile in discarica di 2° categoria tipo B senza subire processi ulteriori di trattamento si ritiene che un trattamento di inertizzazione *ex-situ on-site* o *off-site* sia da considerarsi inutile.

3.4.3 Soil washing

La tecnologia di *soil washing* è una tecnologia *ex-situ* che si basa sulla separazione del terreno in più frazioni componenti a differente granulometria. Questo processo di selezione viene effettuato allo scopo di concentrare le frazioni a tessitura inferiore dove generalmente la percentuale di contaminanti è superiore. Il processo di lavaggio, dopo la selezione tra materiali a differenti granulometrie, è completato dal trattamento delle frazioni più fini con acqua o soluzioni acquose di additivi (acidi, tensioattivi).

I diversi step di selezione dei materiali sono effettuati mediante vagliatura con vibrovagli per le frazioni più grossolane; per le frazioni più fini vengono utilizzati sistemi di separazione ad acqua (ad esempio idrocycloni). Nelle acque di processo possono essere utilizzati eventualmente additivi per consentire una maggiore solubilizzazione della contaminazione.

Le acque contaminate provenienti dal lavaggio devono essere trattate sia per eliminare le particelle più fini (flocculazione, sedimentazione) che la contaminazione (depurazione). Il trattamento delle acque porta alla formazione di fanghi che devono essere smaltiti, la cui quantità è proporzionale alle percentuali di frazioni argillosa e limosa presenti nel terreno trattato. Per questo motivo il soil

washing è applicato per il recupero dei terreni ghiaiosi e sabbiosi con un contenuto di limi ed argille <30%.

La tecnologia è consolidata derivando dall'ingegneria mineraria ma la sua applicazione in campo ambientale è notevolmente più recente. Alcuni paesi europei come la Germania e l'Olanda sono all'avanguardia in questo tipo di tecnologia che invece è meno sviluppata negli Stati Uniti ed in Italia.

Usando gli additivi opportuni nella soluzione di lavaggio la tecnologia può essere applicata sia per contaminazioni da metalli sia per contaminazioni organiche come composti organici volatili (alogenati e non), prodotti petroliferi, pesticidi, oli pesanti contenenti anche PCB.

La durata del trattamento è a medio-breve termine e dipende soprattutto dalla potenzialità dell'impianto e dal volume di materiali da trattare. Generalmente la capacità di un impianto mobile on site può variare da 5 a 30 ton/ora. mentre per gli impianti *off-site* è pari ad alcune decine di tonnellate per ora.

I costi sono generalmente leggermente superiori a quelli di un processo di inertizzazione e possono variare indicativamente tra 35 e 100 €/ton, esclusi i costi di scavo e movimentazione. Il costo di trattamento dipende dal tipo e dalla entità della contaminazione (necessità di utilizzare additivi) e soprattutto dalla quantità di fango prodotto dal trattamento delle acque di processo (che può essere smaltito direttamente o previo trattamento di inertizzazione).

Svantaggi e/o limitazioni: contaminazioni miste del suolo (es. dovute alla contemporanea presenza di metalli e contaminanti organici) rendono più complessa la corretta formulazione del fluido di lavaggio e di conseguenza si complica notevolmente il processo di trattamento delle acque. Risulta in genere complicata la rimozione dei contaminanti organici dalle particelle fini del terreno (limi e argille). Possono essere necessari stadi di trattamento finale volti ad eliminare completamente la presenza delle acque di lavaggio contaminate dal suolo trattato.

Il trattamento *on-site* necessita della disponibilità di aree per la collocazione dell'impianto di lavaggio e per lo stoccaggio di terreno. Il processo richiede elevati quantitativi di acqua (il rapporto tra terreno da trattare ed acqua di lavaggio è generalmente di 1:4 / 1:5); si rende quindi necessario il loro riciclo previo trattamento in idoneo impianto di depurazione.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame:

Poiché la granulometria dei materiali è molto eterogenea e la presenza di terreno frammisto è limitato, risulta impraticabile la separazione del terreno dalla scoria e di conseguenza il recupero di materiale non contaminato.

conto delle modalità costruttive delle coperture previste per le discariche, come definite all'interno della legislazione italiana.

A supporto di questa tecnologia sono generalmente necessari sistemi di captazione delle acque piovane attorno alla zona di copertura e, nel caso la tipologia di contaminazione lo richiedesse, di impianti di aspirazione e trattamento delle sostanze volatili presenti all'interno della massa contaminata.

E' una tecnologia che generalmente viene affiancata ad altri tipi di interventi di isolamento della contaminazione (costruzione di barriere isolanti nel terreno) e di risanamento del sito (es. *pump and treat*).

La copertura dell'area risulta efficace per qualunque tipo di contaminanti del suolo e tipologia di rifiuto e la sua realizzazione può richiedere operativamente da qualche giorno fino ad alcuni mesi in funzione delle dimensioni dell'area in questione e della disponibilità delle aree in cui deve essere effettuato l'intervento.

La tecnologia viene ampiamente utilizzata in quanto garantisce una rapida alternativa di isolamento dei contaminanti e quindi di tutela nei confronti dei ricettori presenti. Costituisce un sistema di messa in sicurezza che può essere usato a scopo permanente nel caso in cui non siano tecnicamente praticabili, a costi sostenibili, altre tecnologie di risanamento.

I costi sono generalmente compresi tra 20 e 50 €/m² di superficie impermeabilizzata e variano in funzione del tipo dei materiali prescelti e della eventuale necessità di esecuzione di opere accessorie (come ad esempio la mitigazione degli impatti visivi).

Svantaggi e/o limitazioni:

La copertura realizzata può avere una durata limitata; la sua funzionalità può comunque prolungarsi per diversi anni (o decine di anni) a condizione che venga adottato un adeguato piano di monitoraggio, di controllo strutturale e di manutenzione.

Non costituisce un sistema di rimozione o degradazione dei contaminanti i quali, sebbene temporaneamente confinati, potrebbero rappresentare un potenziale rischio per i ricettori del sito in caso di rottura della copertura.

L'applicazione di questa tecnica può porre vincoli sia sulle aree occupate (per il loro riutilizzo) sia per la definizione della destinazione d'uso delle aree circostanti.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame: alla luce delle caratteristiche dei materiali di rifiuto il capping può essere realizzato come sistema di isolamento superficiale della contaminazione. L'applicazione di tale tecnologia al caso in esame va perciò ulteriormente approfondita.

3.4.4.2 Isolamento della contaminazione mediante barriere impermeabili verticali, orizzontali, inclinate.

E', come il capping, un sistema che limita la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante ed è utilizzato generalmente insieme ad altri metodi di isolamento o trattamento. Anche in questo caso praticamente tutti i contaminanti possono essere "trattati" con questa tecnologia. L'uso della tecnologia è legato alle caratteristiche dell'area e del sottosuolo e può essere utile applicata nel caso di rifiuti sepolti e già coperti come, ad esempio, da strutture edili (capannoni industriali, abitazioni, parcheggi, ecc.). In presenza di strati naturali sotterranei impermeabili (strati di argille a bassissima conducibilità idraulica) può essere previsto solo un isolamento tramite barriere verticali.

In casi particolari si può prevedere l'applicazione di barriere impermeabili inclinate in maniera tale da isolare sia lateralmente che nel sottofondo la massa contaminata.

In molti casi è necessario prevedere un sistema di controllo ed emungimento delle acque percolate e dei gas (nel caso in cui siano presenti elevati quantitativi di rifiuti contenenti materiale organico).

I sistemi di isolamento della contaminazione sono molteplici e si possono differenziare sia per tipologia di materiali utilizzabili che per modalità di costruzione. Importante, nella scelta dei materiali, è ottenere una bassa permeabilità della barriera, una buona resistenza meccanica, una certa elasticità e non avere interferenze negative con i rifiuti. I prodotti da costruzione più comuni sono composti da miscele di cemento Portland/bentonite ed eventualmente altri additivi (conducibilità circa 10^{-8} m/s), suolo/bentonite (conducibilità circa 10^{-9} - 10^{-10} m/s), suolo/bentonite/cemento (conducibilità simile alla miscela suolo/bentonite). Spesso sono costruibili diaframmi verticali a più strati utilizzando anche materiali plastici quali ad esempio fogli in polietilene.

La tecnologia è abbastanza sviluppata ed è stata applicata sia per la messa in sicurezza di discariche abusive che di siti industriali contaminati.

I metalli e le diossine/furani presenti nelle scorie hanno una scarsa solubilità in acqua; si rende perciò necessario l'uso di additivi solubilizzanti che rendono le soluzioni di lavaggio difficilmente trattabili. Inoltre la soluzione ottimale di lavaggio, per contaminazioni così complesse, deve essere verificata preventivamente mediante test di laboratorio.

Da quanto sopra riportato si ritiene che questa tecnologia non sia da applicare al caso in esame.

3.4.4 Tecnologie in situ di isolamento della contaminazione

Sono tecnologie che consentono la separazione fisica della contaminazione dall'ambiente circostante in maniera tale da limitarne il più possibile la diffusione nell'ambiente. Sono perciò da considerarsi sistemi di messa in sicurezza permanente.

Le tecniche di isolamento *in-situ* possono essere anche di tipo temporaneo e necessitano sempre di sistemi di monitoraggio per verificarne l'efficacia nel tempo.

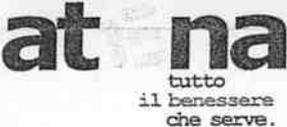
Generalmente questi metodi sono utilizzati per il confinamento di rifiuti interrati stoccati abusivamente oppure per terreni pesantemente contaminati. A seconda della dislocazione della contaminazione e delle caratteristiche delle aree si possono creare vari tipi di diaframmi impermeabili che vanno dalla ricopertura superficiale (capping) ad operazioni più complesse come la costruzione di barriere impermeabili verticali, orizzontali o inclinate all'interno dei terreni. Nei paragrafi successivi sono individuate e descritte le principali tecniche di isolamento.

3.4.4.1 Isolamento della superficie (capping)

I sistemi di copertura di un sito contaminato sono generalmente utilizzati al fine di creare sulla superficie una barriera impermeabile che ha molteplici funzioni: impedire alle acque meteoriche di infiltrarsi e trasportare contaminanti in falda o in acque superficiali, evitare la diffusione di materiali pericolosi per effetto eolico, contenere eventuali emissioni di sostanze volatili o/e odorigene, ottenere sul suolo contaminato una superficie stabile.

L'applicazione di un capping consente inoltre di ottenere una diminuzione del rischio sanitario connesso al contatto diretto (dermico e per ingestione) o indiretto (inalazione o utilizzo delle acque contaminate).

Il capping può essere realizzato con diversi tipi di materiali sia artificiali (PEAD, altre membrane sintetiche impermeabili, calcestruzzo) sia naturali (argille). Possono anche essere previste coperture multistrato (es. PEAD e calcestruzzo o membrana impermeabile con argille) al fine di ottenere maggiori caratteristiche strutturali. La realizzazione dell'intervento deve preferenzialmente tenere

| | | |
|---|---|--|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8</p> <p>COMUNE DI VERCELLI</p> <p><u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 22 di 40</p> <p>Data: Aprile 2004</p> <p>Rev. n.: 00</p> |
|---|---|--|

Per quanto riguarda le tecniche di costruzione di diaframmi verticali il metodo classico prevede lo scavo del terreno per la formazione di trincee dove depositare gli isolanti allo stato solido o in miscele liquide di cemento e/o altri preparati. In questi casi le profondità raggiungibili sono elevate e dipendono dalla possibilità di scavare trincee in profondità.

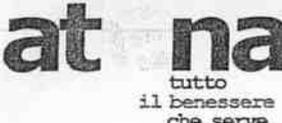
Un altro metodo utilizzato per la costruzione di barriere verticali è l'infissione nel terreno di barriere prefabbricate in materiali di diversa natura (cemento, materiali metallici, ecc.) e la successiva saldatura dei punti di giuntura con materiali isolanti e resistenti (cemento, materie plastiche). Le profondità raggiungibili in questi casi si aggirano sui 20 – 30 metri.

Un sistema più complesso consiste nella miscelazione meccanica dei materiali con il terreno in posto o l'iniezione diretta (jet grouting); tale tecnologia, relativamente diffusa in Italia, consiste nella perforazione dei terreni fino alla profondità definita e nella iniezione, tramite uno o più ugelli, di miscele di cementi, cemento/bentonite oppure, in alcuni casi, resine fenoliche o poliuretaniche. Le profondità raggiungibili in questi casi sono dell'ordine dei 20 – 30 metri. Questo tipo di tecnologia presenta il grande vantaggio di permettere anche la costruzione di barriere inclinate e orizzontali.

I costi sono variabili a seconda delle modalità operative e dei materiali da utilizzare. Per barriere a base cemento i costi associati sono notevolmente elevati ed indicativamente possono aggirarsi tra 150 e 250 €/m² comprensivi delle operazioni di scavo (per una barriera di spessore pari a 60 cm). Per barriere a base terreno i costi sono decisamente più bassi e possono indicativamente essere compresi tra 100 e 140 €/m² (spessore barriera 60 cm).

Nel caso di miscelazione diretta dei materiali con il terreno e per il jet grouting di materiali cementizi i costi sono valutabili tra 240 e 400 €/m² (barriera di spessore 1 m). I costi sono più elevati nel caso in cui si utilizzino materiali compositi contenenti sostanze polimeriche.

Svantaggi e/o limitazioni: i problemi principali sono legati alla durata e alla resistenza meccanica della barriera nonché alla sua capacità impermeabilizzante. L'azione degradativa può essere dovuta a cicli secco/umido e caldo/freddo, all'azione aggressiva di contaminanti estremamente acidi o basici (es. le barriere a base terreno sono attaccabili chimicamente da soluzioni acquose di percolazione con pH <1 o pH >11); tale aggressione comporta nel lungo periodo un aumento progressivo della conducibilità idraulica.

| | | |
|---|---|--|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8</p> <p>COMUNE DI VERCELLI</p> <p><u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 23 di 40</p> <p>Data: Aprile 2004</p> <p>Rev. n.: 00</p> |
|---|---|--|

Eventuali problemi di rotture o fessurazione possono essere più frequenti se si utilizzano tecniche come il jet grouting con il quale si possono creare zone con caratteristiche diverse a causa della difficoltà di ottenere barriere omogenee. Altri problemi relativi al jet grouting sono i tempi di esecuzione in quanto è richiesto un elevato numero di perforazioni essendo il raggio di influenza dei jet non superiore a 120 centimetri. E' inoltre da considerare il trattamento o smaltimento dei materiali di risulta prodotti durante la fase di iniezione.

Questo tipo di tecnologia necessita di un controllo nel tempo per verificare lo stato dell'intervento e di un monitoraggio delle acque; inoltre, non costituendo un sistema definitivo di trattamento della contaminazione, può porre un vincolo sulla destinazione d'uso del sito.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame: anche in questo caso, come già visto per il capping, le tecnologie che portano alla formazione di barriere impermeabili verticali e orizzontali sono applicabili al tipo di contaminazione presente.

3.4.5 Smaltimento in discarica

Il conferimento in discarica è una alternativa di bonifica che consiste nella rimozione dei materiali contaminati mediante scavo e collocazione in apposite aree progettate ed autorizzate al contenimento in sicurezza dei materiali (impianti di smaltimento).

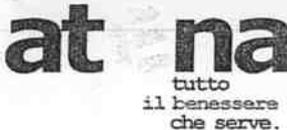
Attualmente esistono varie tipologie di discariche in funzione della tipologia di materiali contaminati quali discariche di 1°, 2° categoria, tipo A, B, C, ecc.

Nella maggior parte dei casi lo smaltimento in discarica viene effettuato *ex-situ* per cui le operazioni da prevedere sono lo scavo e il trasporto dal sito alla discarica autorizzata.

Tuttavia potrebbe essere ipotizzabile prevedere l'uso di discariche *on site* costruite appositamente per la messa in sicurezza della contaminazione. In questo caso oltre alle operazioni di scavo e di movimentazione è da prevedere la costruzione della discarica di contenimento e la relativa chiusura a fine lavori, secondo le modalità previste dal D.Lgs n.36 del 13/01/03.

Con questo decreto sono state emanate nuove regole per la costruzione di discariche per rifiuti classificabili (secondo il D.M. del 13 marzo 2003 indicante "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica") come "inerti", "non pericolosi", "pericolosi".

La durata dell'intervento è estremamente breve (legata ai tempi di scavo e trasporto) nel caso in cui si utilizzi una discarica *off-site* mentre i tempi di allungano notevolmente nel caso in cui occorra costruire una discarica in sito.

| | | |
|---|---|---|
|  | BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u> | Pag. 24 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00 |
|---|---|---|

I costi associati allo smaltimento esterno di rifiuti provenienti da bonifiche ambientali sono correlati alla tipologia di rifiuto ed indicativamente possono variare da 85 a 150 €/ton (costi di scavo e trasporto escluso). La costruzione di una discarica è onerosa ed i costi diventano sostenibili solo per elevate quantità di materiali da smaltire. I costi specifici per una discarica che complessivamente possa contenere 30.000 m³ di materiali sono valutabili tra 140 e 180 €/tonn (compresi i costi di movimentazione e di ricopertura).

Svantaggi e/o limitazioni: Innanzi tutto la capacità non illimitata ed in esaurimento delle discariche. E' richiesta la movimentazione sul sito ed il trasporto delle matrici contaminate (impatto ambientale). Nel caso di costruzione di discarica *on-site* esiste il problema della manutenzione e del monitoraggio oltreché del vincolo imposto nell'area dalla presenza permanente dei rifiuti.

Applicabilità alla contaminazione riscontrata nel sito in esame: dalle analisi effettuate sulle scorie e sui terreni contaminati presenti sul sito "Atena" risulta che i materiali sono compatibili con lo smaltimento in discarica. La tecnologia di smaltimento è perciò potenzialmente applicabile sia nella versione *off-site* che *on-site*. L'applicazione di tale metodologia di bonifica o di messa in sicurezza permanente deve essere perciò valutata più approfonditamente.

3.5 Quadro riassuntivo delle tecnologie descritte

Nella tabella successiva (Tab. 3.2) sono riassunti i risultati derivanti dall'analisi delle tecnologie potenzialmente applicabili. La valutazione è stata eseguita esclusivamente sulla base dell'applicabilità delle tecnologie al tipo di contaminazione presente nell'area.

Tab 3.2 Quadro riassuntivo delle tecnologie applicabili alla contaminazione

| Tecnologie potenzialmente applicabili alla contaminazione | Livello di applicabilità al sito in esame | Risultati conseguibili con l'applicazione della tecnologia (Bonifica/ Bonifica con misure di sicurezza/ Messa in sicurezza permanente) |
|---|---|--|
| Soil flushing (<i>in situ</i>) | Applicabilità estremamente difficoltosa | Bonifica con misure di sicurezza |
| Stabilizzazione/solidificazione (<i>ex situ</i>) | Applicabile ma non utile | Messa in sicurezza permanente o bonifica nel caso di conferimento in discarica dei materiali contaminati |
| Stabilizzazione /solidificazione (<i>in situ</i>) | Applicabile ma non utile | Messa in sicurezza permanente |
| Soil washing (<i>ex situ</i>) | Applicabilità estremamente difficoltosa | Bonifica / Bonifica con misure di sicurezza |
| Isolamento della contaminazione (<i>in situ</i>) | Applicabile | Messa in sicurezza permanente |
| Conferimento in discarica (<i>on site</i>) | Applicabile | Messa in sicurezza permanente |
| Conferimento in discarica (<i>off site</i>) | Applicabile | Bonifica |

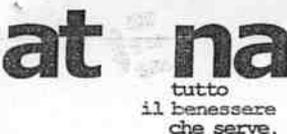
Emerge che le tecniche da adottare sono riconducibili all'isolamento della contaminazione ed al conferimento in discarica le quali portano, come risultato finale, alla messa in sicurezza permanente o alla bonifica dell'area.

3.6 Selezione delle tecnologie sulla base delle caratteristiche sito specifiche

La valutazione delle tecnologie potenzialmente applicabili, come già detto, è stata effettuata tenendo in considerazione le condizioni sito specifiche riportate nel capitolo 2 e più in dettaglio all'interno dell'*Allegato 1*.

Ai fini della valutazione delle tecnologie occorre tenere in considerazione:

1. la presenza di edifici, capannoni industriali, strade e spiazzi asfaltati, impianti di notevoli dimensioni che devono mantenere il più possibile inalterato, nel corso della bonifica o della messa in sicurezza, la loro funzionalità ed agibilità. Questo è un punto prioritario in quanto nell'area vengono svolte importanti attività per tutta la collettività quali in primo luogo gestione, recupero, trasporto e incenerimento degli RSU prodotti nel comune di Vercelli. Queste attività non devono subire rallentamenti tali da precludere la qualità del servizio offerto;

| | | |
|---|---|---|
|  | BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u> | Pag. 26 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00 |
|---|---|---|

2. la presenza diffusa su tutta l'area di proprietà Atena (compreso sotto molte costruzioni) di spessori più o meno consistenti di scorie anche miscelate con terreno o altro materiale di rifiuto (ciottoli e macerie);
3. la bassa diffusione della contaminazione dagli strati di scorie verso i terreni sottostanti o sovrastanti;
4. la presenza di una falda superficiale che in alcune zone entra a contatto con rifiuti; la falda, pur presentando livelli d'inquinamento modesti, può risentire di tale contatto;
- 5 l'elevata estensione delle aree contaminate e le profondità raggiunte dalle scorie.

Sulla base dei punti sopra elencati risulta evidente l'estrema difficoltà di procedere con lo scavo di tutto il materiale contaminato presente nell'area; per ottenere una bonifica completa dell'area si dovrebbe infatti effettuare la demolizione di strade, uffici, depositi e impianti tuttora funzionanti, cosa non perseguibile per le ragioni già dette.

Nei paragrafi successivi saranno valutate le condizioni applicative delle tecnologie precedentemente individuate.

3.6.1 Applicazione al caso in esame delle tecnologie in-situ di isolamento

Poiché la maggior parte della contaminazione è localizzata nell'area della "discarica" si potrebbe prevedere per essa l'applicazione dell'isolamento della contaminazione mediante tecnologie *in-situ* (quali il jet grouting) per l'isolamento della parte sotterranea e laterale dei materiali, unita ad un capping superficiale.

L'applicazione di tale tecnologia ad aree estese può tuttavia comportare tempi di realizzazione molto lunghi, essendo necessario eseguire perforazioni molto ravvicinate per garantire l'uniformità dell'intervento; a titolo indicativo si stima che per l'area della attuale discarica (circa 14.500 m²) e considerando una sola macchina perforatrice, occorrerebbe, per l'impermeabilizzazione di tutto il fondo, circa una quindicina di anni.

A questo dovrebbe comunque seguire il capping superficiale per il quale il tempo di realizzazione è nel nostro caso stimabile in ulteriori 10-12 mesi.

Oltre a ciò con questo intervento si verrebbe ad avere un rilevato di dimensioni significative per cui andrebbe attentamente valutato come potrebbe poi inserirsi nel contesto circostante.

L'isolamento della contaminazione mediante capping potrebbe invece essere applicato nell'area gestita direttamente da Atena ed in altre aree dove l'impermeabilizzazione superficiale consentirebbe di abbassare il rischio di contaminazione della falda dovuto alla percolazione delle acque meteoriche.

3.6.2 Applicazione al caso in esame delle tecnologie on-site di isolamento

La tecnologia di riferimento prevede la costruzione di una discarica vera e propria al posto dell'attuale discarica abusiva. In linea di massima le operazioni da effettuare sono lo spostamento delle scorie attualmente presenti effettuandone uno stoccaggio temporaneo, la sistemazione del fondo e la costruzione della discarica, la movimentazione dei rifiuti fino a riempimento ed infine l'esecuzione del capping di chiusura.

Nell'ipotesi della costruzione di una discarica all'interno del sito è necessario che i criteri costruttivi siano in linea con le prescrizioni tecniche definite all'interno del D.Lgs n. 36 del 13 gennaio 2003 (attuazione della direttiva 1999/31/CE – discariche di rifiuti). Tra i criteri riportati in *Allegato 1 "criteri costruttive e gestionali degli impianti di discarica"* il più problematico da applicare è quello che impone che gli strati impermeabili siano ad una distanza minima di 2 metri dal punto di massima escursione della falda per cui l'eventuale discarica dovrebbe essere praticamente collocata a partire da piano campagna. Ipotizzando che l'impianto possa contenere circa 30.000 m³ e che si estenda nell'area del LOTTO A (circa 14.600 m²), si avrebbe un rilevato con altezza del colmo variabile tra i 7,5 ed i 9,5 metri sopra il piano delle risaie.

Andrebbe pertanto attentamente valutato l'impatto derivante da questo intervento in relazione all'ambito territoriale circostante, costituito prevalentemente da campagna e dalle prime abitazioni della periferia di Vercelli, come evidenziato al punto precedente.

Un intervento di questo tipo, oltre all'impatto visivo, comporterebbe altri rilevanti problemi di natura tecnica e gestionale quali:

- operare in spazi ristretti ed avere la necessità di utilizzare un'area di grandi dimensioni su cui depositare temporaneamente i rifiuti scavati e successivamente da ricollocare;
- esercitare la gestione nel tempo della manutenzione della discarica e degli impianti di recupero delle acque di percolato;
- vincolare l'area della discarica e quella occupata dai servizi accessori in maniera tale da non potere essere più utilizzabile in alcun modo.

Quanto sopra esposto porta a concludere che l'intervento di costruzione della discarica *on-site* non sia una soluzione ottimale.

3.6.3 Applicazione al caso in esame del conferimento in discarica off site

La rimozione ed allontanamento delle scorie presenti all'interno del sito ed ubicate in aree facilmente assoggettabili a lavori di scavo è una soluzione applicabile in particolare per la zona della discarica dove la presenza di elevate quantità di rifiuti affioranti e con spessori tali da entrare in contatto con la falda acquifera porta ad avere una condizione di elevata dispersione di contaminazione.

Per quanto riguarda le zone direttamente gestite da Atena si ritiene necessario applicare una tecnologia diversa in quanto le attività di scavo in presenza di zone pavimentate ed asfaltate e la concomitanza, nelle zone verdi, di sottoservizi estremamente diversificati e diffusi su tutta la superficie (linee fognarie, linee elettriche, linee telefoniche e linee a fibra ottica) potrebbero creare difficoltà per le attività industriali e di servizio che sull'area si svolgono quotidianamente.

4. APPLICAZIONI DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA AL SITO IN ESAME

La valutazione deve essere effettuata considerando diverse applicazioni delle tecnologie prescelte, per verificare quelle che portano in primo luogo al miglior risultato dal punto di vista del-recupero ambientale ed in secondo luogo, a parità di risultato conseguibile, alla soluzione più economica.

Gli scenari possibili presi in considerazione sono:

1. Scavo, trasporto e smaltimento dei rifiuti presenti nella discarica (LOTTO A) e dei terreni contaminati in parte del LOTTO C, con conseguente ripristino ambientale delle aree scavate mediante riempimento con terreno agrario;
2. Scavo, trasporto e smaltimento dei rifiuti presenti nella discarica (LOTTO A) e dei terreni contaminati in parte del LOTTO C ed isolamento superficiale della contaminazione nelle zone verdi (capping);
3. Scavo, trasporto e smaltimento dei rifiuti presenti nella discarica (LOTTO A) e dei terreni contaminati in parte del LOTTO C nonché nelle zone dove i rifiuti possono potenzialmente interagire con la falda (parte del LOTTO D), con isolamento superficiale della contaminazione nelle restanti zone verdi (capping).

4.1 Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C con ripristino ambientale delle aree scavate

L'ipotesi di bonifica consiste nella rimozione e smaltimento di tutti i rifiuti presenti nella discarica ed in una parte del LOTTO C con successivo ripristino mediante la deposizione di terreno di riempimento ed agrario e la sistemazione successiva delle aree, da definire a seconda degli usi previsti oppure da mantenere a zona verde.

Le attività prevedono lo scavo, il caricamento diretto e lo smaltimento delle scorie presenti presso una discarica esterna.

Le aree ripulite dai rifiuti saranno ripristinate utilizzando il terreno scavato e portando terreno di riempimento e terreno agrario fino a raggiungere il livello topografico stabilito. In questo modo alcune aree potranno essere adibite a verde mediante piantumazione e semina ed altre potranno essere destinate alla costruzione di platee, strade, spiazzi ecc. a seconda delle esigenze individuate dalla proprietà.

Occorre valutare se l'analisi di rischio condotta su tale scenario permette di perseguire tale ipotesi.

| | | |
|---|---|--|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 30 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00</p> |
|---|---|--|

4.2 Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C con conseguente impermeabilizzazione superficiale delle rimanenti aree non pavimentate

E' l'ipotesi basata sull'assunzione che i rifiuti rimanenti nel sito, dopo l'asportazione di quanto presente nella discarica e nel LOTTO C, non costituiscono un pericolo tale da dover essere obbligatoriamente rimossi.

Le aree non pavimentate vengono assoggettate ad impermeabilizzazione superficiale operando un decorticamento superficiale per uno spessore di circa 0,3 m con la deposizione di impermeabilizzante (argilla a bassissima conducibilità idraulica) e di terreno agrario per la crescita del manto erboso. Parte del terreno decorticato (non contaminato) viene recuperato per il ripristino ambientale.

L'impermeabilizzazione deve essere corredata da apposite opere idrauliche di captazione e raccolta delle acque meteoriche.

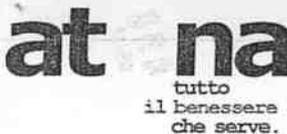
Anche tale ipotesi di lavoro deve essere valutata con un'analisi del rischio in quanto restano comunque parte di rifiuti sotto il livello della falda.

4.3 Smaltimento rifiuti della discarica e di terreni contaminati in parte del LOTTO C e dei rifiuti a possibile contatto con la falda (parte del LOTTO D) con impermeabilizzazione superficiale delle rimanenti aree non pavimentate

E' una soluzione di bonifica che salvaguarda la sicurezza ambientale e consente di evitare l'eliminazione di parte dei rifiuti interrati. Le attività prevedono lo scavo, il trasporto e lo smaltimento dei rifiuti e dei terreni contaminati presenti nella zona della discarica, di parte del LOTTO C e nelle zone per le quali è stato individuato un possibile contatto delle scorie con la falda (parte del LOTTO D). Le aree scavate possono essere ripristinate ad aree verdi mediante la deposizione di terreno di riempimento e vegetale oppure destinate ad attività individuate dalla committente.

Come per il punto precedente, per le rimanenti aree non pavimentate è previsto il decorticamento superficiale per uno spessore di circa 0,3 m con la deposizione di strato di argilla a bassissima conducibilità idraulica e di terreno agrario per la crescita del manto erboso. Parte del terreno decorticato (non contaminato) viene recuperato per il ripristino ambientale.

L'impermeabilizzazione dovrà essere corredata da apposite opere idrauliche di captazione e raccolta delle acque meteoriche.

| | | |
|---|---|---|
|  | BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u> | Pag. 31 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00 |
|---|---|---|

5. ANALISI DI RISCHIO SPECIFICA ADOTTATA PER IL SITO

5.1 Introduzione

Al fine di verificare il rischio sanitario connesso alle ipotesi di intervento riportate al capitolo 4 è stata effettuata un'analisi di rischio sito specifica.

La documentazione relativa all'analisi di rischio è riportata nell'*Allegato 3* cui si rimanda per eventuali approfondimenti; nei seguenti paragrafi, invece, sono riportate le principali conclusioni della stessa.

5.2 Metodologia utilizzata

La metodologia utilizzata è la RBCA come definita in ASTM PS-104 Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action [1]; tale procedura è coerente con le linee guida dell'EPA 5.2.

In particolare, dai risultati della caratterizzazione del sito sono state identificate le sorgenti della contaminazione e le sostanze inquinanti da considerare; dalle caratteristiche litologiche e idrogeologiche del sito sono state individuate le componenti ambientali attraverso cui la contaminazione può migrare (veicoli) e sono stati stabiliti i bersagli e le modalità di esposizione; infine sono state stimate le concentrazioni e le dosi di assunzione per i bersagli e calcolati i valori del rischio.

Le valutazioni sono state effettuate tenendo conto delle caratteristiche del sito (analisi di rischio di livello 2), ovvero utilizzando quanto più possibile i dati sito specifici forniti (derivanti dalle indagini di caratterizzazione del sito) e, dove non presenti, i dati di default (cautelativi) indicati dalla metodologia RBCA o riferimenti consolidati.

5.3 Applicazione dell'analisi di rischio e risultati conseguiti

La valutazione del rischio dovuto alle scorie presenti nell'area investigata è stata effettuata considerando la preventiva completa rimozione di tutte le scorie presenti nell'area discarica (LOTTO A) e della modesta frazione di terreno contaminato superficiale presente in un'area a ridosso dell'area discarica (LOTTO C).

A partire da questa situazione sono stati ipotizzate 3 tipologie di intervento per l'area orientale (LOTTO D e strada d'ingresso all'inceneritore) non soggetta alla completa rimozione delle scorie:

- Scenario 1:** nessun intervento nell'area orientale (si lasciano tutti i rifiuti presenti);
- Scenario 2:** impermeabilizzazione superficiale (capping) di tutta l'area orientale, lasciando tutti i rifiuti presenti.
- Scenario 3:** impermeabilizzazione superficiale di tutta l'area orientale ed eliminazione dei rifiuti che possono interagire con la falda, presenti all'interno del LOTTO D.

I ricettori considerati nei diversi scenari sono:

1. lavoratore che opera quotidianamente nel sito (*commercial*)
2. residenti nelle zone limitrofe (*residential*) immediatamente fuori dal sito
3. operatori della bonifica (*construction worker*)

Mentre le possibili vie di esposizione considerate nell'analisi sono:

1. inalazione (indoor) di vapori,
2. inalazione (outdoor) di vapori e polveri;
3. ingestione accidentale di suolo;
4. contatto dermico;
5. ingestione di acqua prelevata, per uso potabile, da pozzi limitrofi.

I limiti di riferimento utilizzati e normalmente accettati sono:

- ⇒ hazard index <1
- ⇒ effetti cancerogeni <10⁻⁵

I risultati dell'analisi di rischio, effettuata calcolando per tutte le possibili vie di esposizione alla contaminazione gli effetti tossici di lungo periodo (*hazard index*) e gli effetti cancerogeni, sono di seguito riportati.

Scenario 1: Tale scenario non prevede interventi nell'area orientale per cui le possibili vie di esposizioni valutate sono:

inalazione outdoor di vapori e polveri

il rischio per tale via di esposizione rientra nei valori ritenuti accettabili; i valori più elevati si riscontrano per i residenti nelle aree limitrofe al sito (*residential*) ma i valori risultanti (hazard index = 0,00049 ed effetti cancerogeni di poco superiore a 10^{-6}) sono inferiori ai parametri di riferimento;

inalazione di vapori indoor

il rischio per tale via di esposizione è molto basso; per i lavoratori sul sito (*commercial*) gli effetti cancerogeni sono dell'ordine di 10^{-8} mentre gli effetti tossici sono del tutto trascurabili;

ingestione accidentale e contatto dermico delle scorie in superficie

il rischio è presente, qualora i rifiuti siano affioranti, per contatto o ingestione. Gli indici di rischio sono per i lavoratori (*commercial*), pari a $4,5 \cdot 10^{-5}$ (rischio cancerogeno) e 0,52 (rischio tossico); per gli operatori di bonifica (*construction worker*) il rischio cancerogeno è valutato pari a $2 \cdot 10^{-6}$ mentre l'indice di tossicità è di 0,64;

utilizzo delle acque di falda

tale via di esposizione (recettori *residential*) è quella con il rischio maggiore e sopra i limiti di riferimento; risulta infatti che l'uso potabile delle acque porta ad avere un rischio cancerogeno pari a $9,1 \cdot 10^{-5}$ ed un indice di tossicità di 8,3. Gli effetti di diluizione sono limitati in quanto portano ad avere una diminuzione del rischio del 40% a una distanza di 200 m dal confine del sito.

I dati dimostrano che il rischio principale è dovuto alla lisciviazione per opera delle acque meteoriche e delle stesse acque di falda poste a contatto con il rifiuto.

Scenario 2: Rispetto allo scenario 1 è eliminato il rischio dovuto alla lisciviazione delle acque meteoriche, il rischio dovuto alla inalazione outdoor di vapori e polveri ed il rischio dovuto alla ingestione accidentale ed al contatto dermico delle scorie in superficie.

I risultati per le differenti vie di esposizioni considerate sono:

inalazione di vapori indoor

il rischio per tale via di esposizione è molto basso come già evidenziato nello scenario 1;

utilizzo della falda

l'uso potabile per l'acqua sottostante il sito presenta valori non ancora accettabili (effetti cancerogeni misurati pari a $2,8 \cdot 10^{-5}$, indice degli effetti tossici pari a 2,5); tuttavia a distanza di 100 m dalla zona contaminata le concentrazioni nella falda sono ridotte di oltre 7 volte per cui, considerando un ipotetico pozzo posto a distanza di 100 m dal sito il quale capti solo lo strato contaminato della falda senza effettuare ulteriori diluizioni, i parametri di rischio rientrerebbero entro i limiti normalmente ritenuti accettabili.

Scenario 3: Tale scenario, prevedendo la rimozione dei rifiuti potenzialmente collocati al di sotto del livello di falda nel LOTTO D, migliora ulteriormente le condizioni riportate nello scenario 2. Sono di conseguenza eliminati completamente i rischi associati alla lisciviazione dei rifiuti e l'unica via di esposizione da valutare è:

inalazione di vapori indoor

i rischi per tale via di esposizione risultano molto inferiori ai limiti standard comunemente accettati. (come già visto per gli scenari 1 e 2).

5.4 Osservazioni e conclusioni

Dalle valutazioni dei rischi emerge che nello **scenario 1** si hanno rischi per contaminazione della falda (principalmente dovuti alla lisciviazione del rifiuto per opera delle acque meteoriche) e rischi (moderati) per contatto dermico e ingestione accidentale di materiale contaminato. I rischi outdoor per inalazione di polveri e vapori e quelli indoor rientrano invece negli standard accettabili.

Nello **scenario 2** viene eliminato il rischio dovuto a contatto dermico e ridotto moltissimo quello dovuto alla contaminazione della falda che comunque rimane, per le acque in uscita dal sito, superiore ai valori ritenuti accettabili mentre rientra nel caso di pozzi distanti 100 m dal sito. L'adozione di questo tipo di bonifica comporterebbe una restrizione sull'uso delle acque di falda da parte della popolazione circostante in quanto queste potrebbero essere utilizzate per ingestione solamente a partire da un minimo di 100 metri dal perimetro dell'area.

Nello **scenario 3** viene praticamente annullato ogni rischio significativo dovuto alla presenza di scorie/rifiuti nel suolo o nella parte insatura del sottosuolo. In questo caso tutti i rischi connessi alla

| | | |
|---|---|--|
|  | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 35 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00</p> |
|---|---|--|

contaminazione residua non superano i limiti di riferimento standard per nessun recettore e per nessuna via di esposizione.

Dall'analisi di rischio risulta pertanto che l'intervento da realizzare per il recupero e la messa in sicurezza permanente dell'area è quello relativo alla terza ipotesi: **Smaltimento rifiuti della discarica, di quelli presenti in parte del LOTTO C e dei rifiuti a possibile contatto con la falda (parte del LOTTO D) con impermeabilizzazione superficiale delle rimanenti aree non pavimentate (capping).**

5.5 Applicazione dell'analisi di rischio allo scenario 3: confronto tra software R.B.C.A. e GIUDITTA

Come approfondimento relativo all'analisi di rischio è stata eseguita una valutazione comparativa utilizzando il software RBCA ed il software GIUDITTA. Quest'ultimo è stato messo a punto dalla Provincia di Milano ed è, attualmente insieme al ROME, uno dei software italiani utilizzabili per la valutazione dell'analisi di rischio sanitario.

E' da sottolineare il fatto che sia Giuditta sia RBCA utilizzano gli stessi standard di calcolo con alcune varianti.

L'analisi è stata condotta sullo scenario 3 per cui sono stati valutati gli effetti cancerogeni dovuti all'inalazione di vapori indoor in quanto dopo l'intervento di bonifica e messa in sicurezza è l'unica via di migrazione che rimane attiva. Le sostanze considerate sono gli organici semivolativi cioè PCB e diossine; in particolare nella presente analisi sono state considerate le concentrazioni massime rilevate.

Per le diossine, nello studio precedente era stata effettuata una valutazione specifica per i vari congeneri mentre nella valutazione attuale si considera il metodo della concentrazione equivalente al congenere 2,3,7,8 valutata considerando gli equivalenti di tossicità dei vari congeneri ed isomeri.

5.5.1 Risultati conseguiti

I risultati conseguiti confermano i dati riscontrati nell'analisi precedente in quanto in entrambi i casi i valori riscontrati sono inferiori ai limiti standard considerati accettabili.: per le diossine il rischio dovuto a vapori indoor risultante è pari a $3 \cdot 10^{-7}$ mentre utilizzando GIUDITTA il rischio risulta di molto inferiore cioè pari a $7,7 \cdot 10^{-14}$.

La differenza tra i due dati è conseguenza del fatto che, nell'analisi Giuditta, dati di input sulle diossine differiscono sia sui parametri chimico-fisici che, soprattutto, su quelli tossicologici. Tali differenze fanno sì che il rischio calcolato con GIUDITTA sia 10^7 volte inferiore a quello calcolato con RBCA.

Per quanto riguarda i PCB il risultato ottenuto con il software RBCA è di $3,5 \cdot 10^{-8}$ mentre il software GIUDITTA non valuta il rischio in quanto le concentrazioni non superano i limiti del DM 471/99 per terreni industriali.

In conclusione i rischi per effetto della migrazione di vapori indoor sono a livelli del tutto accettabili anche considerando la massima concentrazione rilevata per le diossine ed effettuando la valutazione più cautelativa in quanto basata sulle proprietà chimico fisiche della sola 2,3,7,8-TCDD.

In *Allegato 4* sono riportati, in dettaglio i risultati conseguiti nell'utilizzo dei due differenti software.

6. DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA DI BONIFICA SCELTA PER IL SITO IN ESAME E STIMA DI MASSIMA DEI COSTI

6.1 Descrizione dell'intervento

Come emerso dall'analisi delle tecnologie di bonifica riportato nel capitolo 4 e dai risultati ottenuti nella valutazione dei rischi conseguente alla non completa bonifica di tutto il sito (capitolo 5) è stato individuato l'intervento da perseguire per il recupero dell'area, che consiste nell'eliminazione dei rifiuti presenti nella discarica (LOTTO A) e dei terreni contaminati in parte del LOTTO C, dei rifiuti che possono interagire con la falda (parte del LOTTO D) con messa in sicurezza, mediante impermeabilizzazione superficiale, delle aree verdi presenti nel LOTTO D e nella strada di accesso all'inceneritore appartenente al LOTTO B (vedi planimetria delle aree oggetto dei diversi interventi in *Allegato 5*).

Con tale intervento si ha la bonifica di una buona parte della superficie del sito (circa 43.000 m²) e la messa in sicurezza permanente di un'area di circa 25.000 m². I rifiuti da inviare a smaltimento (circa 27.500 m³) rappresentano circa il 62% delle scorie attualmente presenti nell'area.

6.1.1 fasi principali di cui si compone l'intervento

Le fasi principali possono essere così individuate e descritte:

1) Scavo, trasporto e smaltimento dell'area della discarica (LOTTO A).

In tale fase si provvederà allo scavo e trasporto, presso impianto di smaltimento autorizzato, delle scorie affioranti e di quelle sepolte previa rimozione del terreno di copertura (non contaminato) utilizzabile come materiale di riempimento per la fase di ripristino ambientale. Sarà inoltre smantellata la rampa di accesso all'area ed eliminate le scorie sottostanti il tappeto bituminoso.

2) Scortico, trasporto e smaltimento dei terreni contaminati da diossine presenti nel LOTTO C.

Si procederà allo scavo superficiale del terreno contaminato ed al suo trasporto al centro di smaltimento.

3) Scavo trasporto e smaltimento dei rifiuti a possibile contatto con la falda acquifera (LOTTO D).

La zona, avente una superficie di circa 1000 m² sarà scavata dapprima per eliminare il terreno di copertura non contaminato (utilizzabile per la fase di ripristino) e successivamente per

eliminare gli strati di scorie. L'area sarà poi ripristinata utilizzando il terreno di recupero proveniente dal sito e, a seconda delle esigenze della committente, il recupero finale potrà avvenire secondo diverse modalità. Come prima ipotesi si prevede il recupero a prato mediante deposizione di uno strato di terreno agricolo.

4) Asportazione di strati di terreno dalle aree soggette alle opere d'impermeabilizzazione.

La fase di lavoro consiste nell'asportazione dei primi 30 centimetri di terreno nelle aree da impermeabilizzare. Il terreno prodotto sarà utilizzato per le fasi di ripristino ambientale dell'area della discarica e/o nell'area del lotto D dove sono stati eliminati i rifiuti.

Nelle zone che presentano scorie nei primi 30 cm di profondità si procederà con la rimozione e lo smaltimento delle stesse.

5) Ripristini ambientali.

Le aree del LOTTO A saranno ripristinate utilizzando sia i terreni prodotti in *in-situ* derivanti dall'attività di scavo sia terreno di riempimento. La ricopertura sarà poi completata a seconda delle necessità del committente. Nell'ipotesi di un recupero dell'area ad uso verde, la copertura sarà completata mediante deposizione di uno strato di terreno agrario adatto alla disposizione a prato ed alla piantumazione.

Nell'area del LOTTO C, scavata solo superficialmente, il ripristino avverrà mediante deposizione di terreno agrario.

6) Impermeabilizzazione delle aree con presenza di rifiuti e non attualmente pavimentate.

Nell'area, già scavata fino alla profondità di 30 cm, sarà depositato e compattato mediante rullatura, uno strato di argilla di spessore di circa 20 cm seguito dalla deposizione di uno strato di circa 10 cm di terreno vegetale da destinare a tappeto erboso (oppure altre coperture a seconda delle esigenze del committente). Nel caso in cui, in fase di progettazione definitiva, si dimostrasse opportuno aggiungere (su tutta l'area oggetto del capping o su parte di questa) un ulteriore strato impermeabilizzante, può essere utilizzata una geomembrana in PEAD (polietilene ad alta densità) da aggiungere allo strato d'argilla.

Dovranno essere inoltre costruiti sistemi di captazione delle acque meteoriche (linee fognarie) per il loro recupero dalle zone impermeabilizzate.

Dato il tipo di copertura, è da evitare la piantumazione di alberi ad alto fusto o arbusti aventi un apparato radicale tale da poter perforare lo strato d'argilla e limitarne di conseguenza la capacità impermeabilizzante.

6.1.2 Tempi di realizzazione degli interventi

I tempi di realizzazione sono valutati sulla base della necessità di operare in condizioni tali da non incidere pesantemente sia sulle normali attività esercitate sul sito sia sul traffico veicolare della zona. In prima approssimazione le attività sopra descritte possono essere realizzate in 18-24 mesi consecutivi.

6.1.3 Costi di massima associati agli interventi proposti

I costi sono stati calcolati sulla base delle diverse lavorazioni da eseguirsi e formulando alcune ipotesi utili per ottenere un risparmio rilevante sul costo totale.

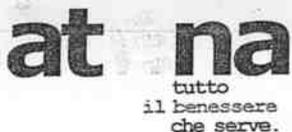
Tab 6.1 Costi stimati per l'intervento di bonifica

| ATTIVITA' | COSTO STIMATO |
|---|------------------|
| Scavo trasporto e smaltimento delle scorie nel LOTTO A e dei terreni contaminati (LOTTO C). | € 5.000.000 |
| Scavo trasporto e smaltimento delle scorie nel LOTTO D (zona con rifiuti sotto il livello delle risaie) e ripristino ambientale. | € 240.000 |
| Scavi nelle zone soggette a impermeabilizzazione con smaltimento scorie di risulta ed accantonamento terreni per ripristini ambientali. | € 150.000 |
| Ripristino ambientale nell'area discarica (lotto A) e nell'area lotto C | € 290.000 |
| Opere di impermeabilizzazione ed idrauliche accessorie (per il recupero delle acque piovane) compreso il ripristino ambientale e la disposizione a verde. | € 650.000 |
| Imprevisti (7 %) | € 450.000 |
| Progettazione definitiva ed esecutiva delle opere | € 70.000 |
| Sicurezza | € 100.000 |
| TOTALE | 6.950.000 |
| Eventuale aggiunta di membrana isolante in PEAD da aggiungere allo strato d'argilla, compreso la costruzione di cordoli d'ancoraggio. | € 200.000 |
| Eventuali opere accessorie ¹ | Da definire |

¹eventuali opere da eseguirsi su richiesta del committente.

6.2 Progettazione per fasi

In considerazione dell'articolazione dell'intervento di bonifica e delle particolari attività svolte all'interno del sito che interessano di rimando l'intera collettività e consistono nella gestione, recupero, trasporto e incenerimento degli RSU prodotti nel comune di Vercelli nonché per la presenza di edifici, capannoni industriali, strade e spiazzi asfaltati, impianti di notevoli dimensioni

| | | |
|--|---|--|
|  <p>at na tutto il benessere che serve.</p> | <p>BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8 COMUNE DI VERCELLI <u>PROGETTO PRELIMINARE</u></p> | <p>Pag. 40 di 40 Data: Aprile 2004 Rev. n.: 00</p> |
|--|---|--|

che devono mantenere il più possibile inalterata, nel corso della bonifica o della messa in sicurezza, la loro funzionalità ed agibilità si ritiene che la progettazione definitiva debba essere condotta per fasi, ai sensi dell'art. 11 del DM 471/99.

7. INTERVENTI DA ESEGUIRSI NELLE AREE ESTERNE AL SITO RISULTATE CONTAMINATE: OPERE DI BONIFICA DEL CANALE LAMPOMETTO

Dai rilievi analitici è risultato che il Canale Lamporetto è risultato parzialmente contaminato in quanto nei sedimenti è stata rilevata la presenza di diossine (punto SD3 a valle del sito). Si prevede pertanto di eseguire un trattamento di rimozione dei sedimenti in tale punto.

La tecnica classica di pulizia prevede di eseguire un by-pass di parte del canale tramite tubazioni all'interno delle quali è fatta scorrere, per mezzo di una pompa di sollevamento, l'acqua prelevata a monte e pompata a valle della parte di canale da sottoporre a bonifica. Nel letto reso asciutto possono essere effettuate le operazioni di pulizia.

L'attività di pulizia sarà eseguita nella zona del sondaggio SD3 per una lunghezza complessiva di circa 200 m. Considerando una larghezza del letto del canale pari, mediamente, a 3 metri ed una profondità media dei sedimenti di 0,2 metri si prevede di rimuovere circa 250 tonnellate di materiale contaminato da inviare ad impianto di smaltimento.

L'intervento può essere eseguito in tempi ristretti, valutabili in 30 giorni lavorativi.

7.1 Costi associati all'intervento di pulizia del canale Lamporetto

I costi associati all'intervento sono calcolabili considerando la necessità di effettuare il by-pass del canale e sulla produzione di circa 250 tonnellate di sedimenti da avviare in discarica.

Il costo complessivo dell'intervento può essere valutato in circa 100.000 €.



**BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8
COMUNE DI VERCELLI
PROGETTO PRELIMINARE**

Data: Aprile 2004
Rev. n.: 00

ALLEGATO N. 2

PLANIMETRIA DEI LOTTI A B C D



LOTTI SOGGETTI A INTERVENTO

- LEGENDA**
- Lotti soggetti a bonifica
 - Aree con rifiuti (spessore medio in metri)
 - Punti di campionamento

(Disegno non in scala)

| | |
|-------------------------|------------------|
| ATEMA S.p.A. - Verona | DATA: Maggio '94 |
| NUMERAZIONE: ALLEGATO 2 | |

| | |
|----------------------------------|---|
| Comititante | Redatto da |
| atena LA S.p.A. VERONA | AKRON CONSORZIO S.p.A. VERONA |



**BONIFICA DELL'AREA SITA IN STRADA PER ASIGLIANO 6/8
COMUNE DI VERCELLI
PROGETTO PRELIMINARE**

Data: Aprile 2004
Rev. n.: 00

ALLEGATO N. 5

AREE SOGGETTE A BONIFICA E A MESSA IN SICUREZZA



AREE SOGGETTE A BONIFICA E
MESSA IN SICUREZZA

LEGENDA

 aree da bonificare mediante smaltimento

 aree soggette al capping

(Disegno non in scala)

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| ATEMA S.p.A. - Verucchi | DATA: |
| NUMERAZIONE ALLEGATO 5 | MESE/ANNO Maggio '04 |

| | |
|--|--|
| Consultato | Prodotto da |
|  |  |