

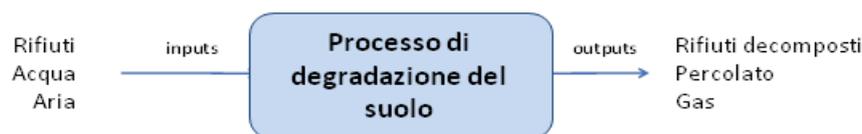
## ANALISI DEI RISCHI E MISURE DI SICUREZZA

## 8.1. Introduzione

La rapida crescita demografica e l'aumento dell'urbanizzazione hanno portato alla produzione di enormi quantità di rifiuti solidi urbani (RSU) e al deterioramento dell'ambiente. Da un lato, la gestione integrata dei rifiuti richiede uno smaltimento sicuro e sostenibile di questi rifiuti. Dall'altro lato, in circa tre quarti dei paesi del mondo, esistono ancora forme primitive di smaltimento dei rifiuti come quello delle discariche non controllate. Questi siti rappresentano un danno per l'ambiente perché sono soggetti a roghi, provocano l'inquinamento delle falde acquifere, vengono frequentati da raccoglitori di rifiuti (*scavengers*) e sono vettori di malattie. (Figura 8.1).



A



## B

Figura 8.1. possibili danni ambientali causati dalle discariche non controllata (A), input e output nel processo di decomposizione degli RSU in una discarica non controllata (B).

Si possono individuare diversi problemi chiave legati ai siti dove sorge una discarica non controllata, come la mancanza di copertura, di sistemi di raccolta e trattamento del percolato, la compattazione insufficiente, una progettazione del sito di bassa qualità, ecc. Le crescenti preoccupazioni per la salute pubblica, la tutela ambientale e i rischi legati alle discariche non controllate esistenti richiedono un approccio integrato alla loro gestione a lungo termine (Sexton & Hattis, 2007). Valutare i rischi relativi alla salute delle persone e dell'ambiente causati da queste discariche potrebbe aiutare a stabilire le priorità, per poi pianificare il processo di risanamento a cui sottoporle. L'identificazione delle variabili di rischio che destano preoccupazione consentirà alla comunità di concentrare gli sforzi per ridurre il potenziale di pericolo della discarica e la sua spesa economica (Figura 8.2).



Figura 8.2. Il rapporto tra valutazione e minimizzazione dei rischi.

## 8.2. L'analisi del rischio -Metodologia

L'analisi e la valutazione dei rischi è un processo tramite il quale descrivere la possibilità che un evento si verifichi e quali sono le implicazioni di tale evento. Si tratta di un metodo per definire e valutare il tipo, l'impatto e il livello di esposizione a cui un recettore suscettibile può essere esposto in relazione a un determinato pericolo. Una minaccia ambientale è un evento o un processo in corso che, se realizzato, darà luogo a situazioni che hanno il potenziale di deteriorare la qualità dell'ambiente, sia direttamente che indirettamente.

## **2.1. Costruire un modello concettuale**

Qualsiasi valutazione degli effetti cumulativi di vari fattori di stress, come quelli posti dalle discariche non controllate, richiede la creazione di un modello concettuale del sito (MSC). Per una valutazione ecologica accurata, di solito viene fornita una rappresentazione visiva dei fattori di stress, nonché delle loro conseguenze immediate e non intenzionali (Menzie et al., 2007). A causa della complessità delle valutazioni multistress, il bilanciamento delle informazioni e della chiarezza all'interno del modello concettuale è un problema importante (s). L'uso di più modelli è un metodo per raggiungere questo equilibrio. Un'altra opzione è quella di utilizzare simulazioni interattive in silicone che possono essere ampliate e impiegate per razionalizzare un problema oltre che a dare informazioni specifiche e dettagliate relative all'analisi effettuata.

Un percorso di migrazione è la direzione presa da una particella, un farmaco o un contaminante quando si muove nell'ambiente, entrando in contatto con un recettore o influenzandolo in qualche modo. Affinché esista un rischio, devono esserci una fonte di pericolo, un percorso di migrazione e un bersaglio o recettore. Il concetto di Sorgente-Percorso-Recettore (S-P-R) per la gestione ambientale si basa su questo assunto.

Inoltre, un modello concettuale è utile per definire il campo di ricerca, in quanto può identificare i luoghi/le azioni con il rischio più elevato per l'ambiente, nonché i collegamenti S-P-R che si riferiscono al rischio maggiore.

L'approccio alla valutazione dei rischi consente un chiaro processo decisionale. Quando viene sviluppata una strategia per mitigare i potenziali pericoli, questa viene obbligatoriamente inserita nel modello concettuale. Le informazioni dettagliate raccolte nel corso dell'analisi contribuiranno a determinare la portata delle azioni di gestione del rischio che saranno necessarie, che possono includere il blocco del percorso, la rimozione della sorgente o il monitoraggio del recettore in alcune circostanze (Mohd & Che, 2019).

## **8.2.2. Identificazione dei recettori e degli endpoint di valutazione**

L'identificazione dei recettori e degli endpoint di valutazione condivisi viene solitamente utilizzata per raggruppare e analizzare gli impatti combinati di diversi fattori di stress, nonché per determinare come interagiscono i fattori di stress e gli effetti. Il termine "endpoint di valutazione" si riferisce al risultato della combinazione degli end point o "punti di fine osservazione" dei recettori e degli effetti. Gli individui, le comunità e le popolazioni sono i

recettori umani ed ecologici più diffusi. La valutazione di numerosi fattori di stress nelle valutazioni del rischio per la salute umana può spesso riguardare un quartiere o una fetta specifica della popolazione. I recettori per le valutazioni ecologiche o ambientali possono comprendere habitat, ecosistemi specifici o regioni/ aree più ampie. I processi ecologici come il sequestro dell'anidride carbonica da parte di oceani o foreste o il ciclo dell'azoto sono esempi di recettori (Solomon et al., 2016).

La condizione da valutare viene definita come l'obiettivo finale. Può essere indicato come frequenza, tasso o condizione delle caratteristiche del recettore. La mortalità, la prevalenza di malattie come il cancro o l'asma, le conseguenze sulla riproduzione o sullo sviluppo umano, i cambiamenti nelle popolazioni e negli habitat sono solo alcuni esempi. Uno o più endpoint di valutazione possono essere utilizzati in una valutazione degli effetti combinati.

Gli endpoint di valutazione devono essere scelti e comunicati in modo sufficientemente specifico per gli aspetti da valutare, consentendo al contempo l'aggregazione degli impatti combinati di molti fattori di stress (Menzie et al., 2007). Questo requisito diventerà sempre più evidente man mano che gli endpoint di valutazione saranno sempre più definiti. La presenza di numerosi endpoint di valutazione diversi (insieme alle corrispondenti valutazioni degli effetti combinati) è preferibile rispetto all'esecuzione di un'unica valutazione completa.

### **8.2.3. L'approccio a fasi**

Nel processo di analisi dei rischi, l'approccio a fasi, noti come valutazioni "a livelli" o "iterative", sono ampiamente utilizzati (Codice di condotta; EPA 2007). Essi bilanciano le risorse rispetto all'obiettivo, riducendo così l'incertezza nelle valutazioni del rischio. La valutazione degli effetti combinati di numerosi fattori di stress può essere complicata. Ciò è particolarmente vero quando vengono integrati fattori di stress supplementari e si vuole tenere in considerazione una gamma completa di effetti e interazioni. La questione viene esaminata dal punto di vista del valore aggiunto dei dati per il processo decisionale. Di conseguenza, viene proposta una strategia che inizia nel modo più semplice possibile, pur rimanendo dettagliata, per la situazione. È necessaria solo un'analisi approfondita e più sofisticata per differenziare i rischi a un livello adeguato per il processo decisionale.

Riconoscere gli aspetti fondamentali che dovrebbero essere inclusi nella valutazione fin dall'inizio è un aspetto importante per l'approccio a fasi. Questo offre un ampio approccio

concettuale e uno sforzo preliminare per classificare l'importanza relativa ai diversi stress. Il modello concettuale può essere utilizzato per evidenziare l'importanza corrispondente dei modelli dei fattori di stress e delle vie di esposizione, nonché per tracciare numerose vie di esposizione e interrelazioni. È possibile rappresentare l'entità del problema e allo stesso tempo concentrarsi sulle sue caratteristiche principali.

Di seguito, vengono riportate le componenti principali dell'approccio a fasi:

- ✓ Sviluppare un modello concettuale che comprenda tutti i fattori di stress importanti e spiega come potrebbero interagire tra di essi (Figura 8.3).
- ✓ Esaminare i fattori di stress per ottenere informazioni ragionevoli e gestibili per risolvere il problema. Altri fattori di stress e movimenti degli inquinanti possono essere incorporati nel modello concettuale, ma gli sforzi si concentrano sullo studio dei modelli di fattori di stress e percorsi che si ritiene abbiano il maggiore impatto.
- ✓ Esaminare gli effetti specifici di ciascun fattore di stress per vedere se uno di essi contribuisce principalmente o potenzialmente all'effetto o ai rischi da valutare
- ✓ Identificare la sovrapposizione di effetti e potenziali fattori di stress, ad esempio studiandone le caratteristiche o i collegamenti temporali e spaziali. Inoltre, si valutano anche gli impatti cumulativi dei fattori di stress (ad esempio, sinergia o antagonismo).
- ✓ In base alle informazioni disponibili, valutare gli effetti cumulativi dei fattori di stress.
- ✓ È fondamentale riconsiderare tutti i passaggi chiave nelle fasi intermedie della valutazione. In questo modo si garantisce che i principali fattori di stress, i fattori di impatto e gli endpoint interessati siano tutti presi in considerazione. In questo modo, gli effetti congiunti e i rischi principali possono essere ben caratterizzati nella misura in cui le conoscenze esistenti lo consentono. Questo approccio può essere utilizzato con successo sia nelle valutazioni basate sugli effetti sia in quelle basate sui fattori di stress.

Gli impatti che destano preoccupazione sono il punto di partenza per le valutazioni che prendono in considerazione gli effetti. L'aumento dei tassi di cancro o di altri problemi di salute in una comunità, o i cambiamenti nel biota di un fiume o di una foresta, sono esempi di questi effetti.

Possono essere presenti uno o più fattori di stress e le seguenti forme di informazione sono utili per le decisioni di gestione:

- ✓ Devono essere identificate le sollecitazioni che contribuiscono agli impatti segnalati.
- ✓ Informazioni sul modo in cui gli stress, separatamente o in combinazione, stanno creando l'effetto.
- ✓ Percezione di come mitigare l'effetto riducendo o impedendo al fattore di stress di produrlo.
- ✓ Informazioni dettagliate sulle conseguenze a breve e lungo termine delle varie opzioni di gestione.

### 8.3. L'analisi dei rischi della discarica non controllata

L'analisi dei rischi utilizzato per valutare le possibili minacce delle discariche non controllate deve essere una procedura sistematica, chiara e pratica che aiuti il processo decisionale. Per questa analisi, un approccio a fasi risulta particolarmente efficace (Figura 8.3) (Code of practice; EPA 2007). Questo approccio garantisce che la maggior parte degli sforzi e delle risorse siano indirizzati verso i recettori più suscettibili, o dove c'è un'elevata incertezza associata alla possibilità di un considerevole danno ambientale.

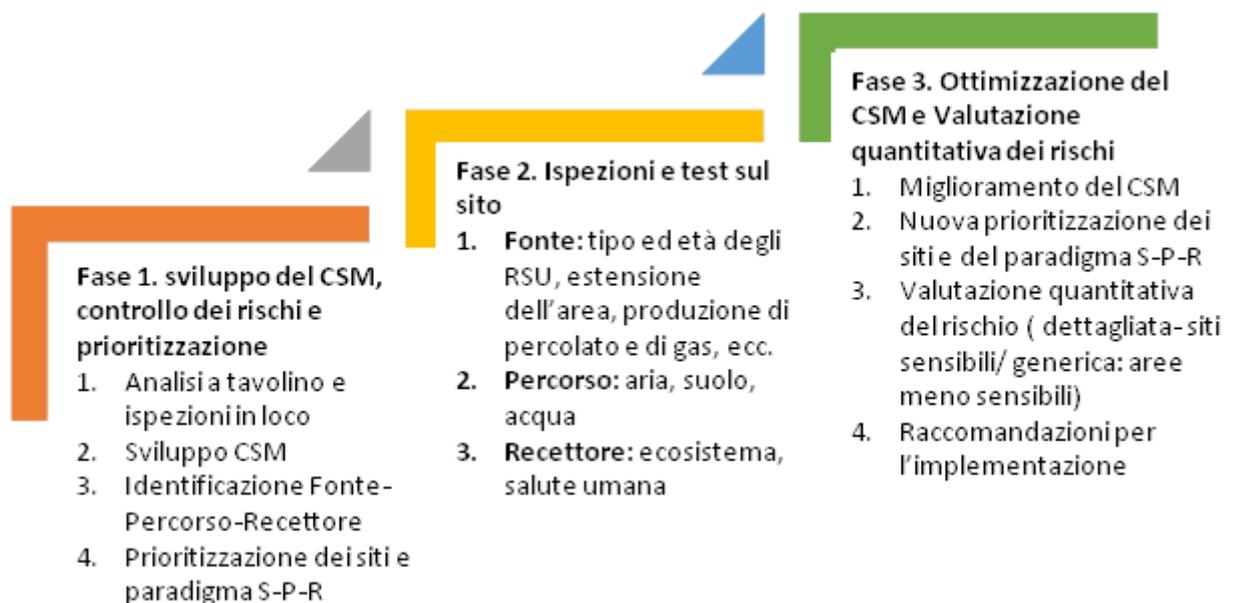


Figura 8.3. Metodologia per la valutazione e l'analisi dei rischi di una discarica non controllata: a Approccio a fasi (adattato da Code of practice; EPA 2007).

### **8.3.1. Fase 1: Sviluppo del modello concettuale, valutazione dei rischi e definizione delle priorità**

Uno studio iniziale del sito prevede l'elaborazione di un Modello Concettuale del Sito (*Conceptual Site Model* o CSM) utilizzando i dati acquisiti dall'analisi a tavolino e dall'ispezione del sito, e la valutazione preliminare di rischi, fanno parte della prima fase del processo di valutazione del rischio di una discarica non controllata (Fase 1). Il CSM descrive il paradigma Sorgente-Percorso-Recettore (S-P-R) e quindi offre dati per la componente di selezione del rischio. Viene utilizzato un metodo di classificazione per dare priorità ai siti in base alla loro pericolosità.

#### **8.3.1.1. Il Modello Concettuale del Sito (CSM)**

Costruire un modello concettuale è un modo per prevedere il comportamento di un sistema impiegato in un'attività legata ai rifiuti. In poche parole, ciò implica che si costruisce un quadro graduale, basato su ricerche sistematiche, utilizzando un modello concettuale dell'associazione tra la presenza di un potenziale pericolo e il legame con i probabili recettori. L'obiettivo primario di queste azioni è quello di determinare la situazione reale e di essere utilizzate per individuare tutte le probabili sorgenti (S), i percorsi (P) e i recettori (R). Inoltre, vengono identificati anche i processi e le incertezze che si prevede si verifichino lungo il paradigma sorgente-percorso-recettore (S-P-R).

Le idee utilizzate nello sviluppo del CSM sono ben adattate all'approccio raccomandato per la metodologia di valutazione del rischio, come illustrato nella Figura 8.4. Le tre fasi principali dello sviluppo sono:

1. Analisi a tavolino e ispezione del sito da risanare
2. Indagine del sito
3. Monitoraggio ambientale per validare il CSM.

Lo sviluppo di un CSM dovrebbe far parte della prima fase della metodologia di analisi dei rischi e dovrebbe essere elaborato per tutti i siti di smaltimento rifiuti, indipendentemente dalle loro dimensioni e dalla loro portata. Le indagini della Fase 2 dovrebbero essere pianificate e progettate con l'aiuto del CSM. Questo modello dovrebbe anche servire come strumento utile per esprimere efficacemente la natura del rischio e comprendere i risultati del monitoraggio, oltre a

aiutare nelle procedure di definizione delle politiche da attuare in caso di bonifica. Il livello di dettaglio necessario è determinato dal paradigma S-P-R del sito.

Tutte le incertezze e le ipotesi espressi durante la preparazione del CSM devono essere riconosciuti e considerati nella pianificazione del programma d'ispezione del sito e nella valutazione delle potenziali strategie di bonifica.

### ***Analisi a tavolino***

L'obiettivo di questa analisi o ricerca a tavolino è quello di raccogliere tutti i dati essenziali per la caratterizzazione del sito, nonché di sviluppare un CSM iniziale e il suo contesto idrogeologico.

Nel determinare l'ambito di un'analisi a tavolino, si tenga presente che lo sviluppo di un modello concettuale implica un'ipotesi di lavoro su quale sia il tipo, la quantità e lo stato della sorgente; quali siano i meccanismi di trasporto e quali siano le possibili vie di migrazione e i ricettori.

La Figura 8.4 mostra il nesso tra gli elementi menzionati che più avanti verranno discussi in modo approfondito.



Figura 8.4. Modello concettuale Sorgente-Percorso-Recettore (adattato da Code of practice, EPA 2007).

### ***Fonte di rischio: percolato, gas e polveri di discarica***

Il percolato e il gas di discarica possono essere considerati le principali fonti di contaminazione in caso di smaltimento non controllato dei rifiuti solidi urbani. Per determinare la possibilità di produzione di percolato è necessario conoscere il tipo di rifiuto o formulare ipotesi sulla sua categorizzazione. Da questa analisi deriva anche il grado di tossicità del percolato e, di conseguenza, l'entità del danno che può causare alle acque superficiali e sotterranee.

È necessario anche fare uno studio sulla potenziale generazione di gas di discarica. Se il gas di discarica è accumulato in discarica, diventa una fonte di rischio sia per le persone che per l'ambiente circostante. L'analisi dei rischi deve riguardare il potenziale di migrazione delle emissioni di gas.

La polvere non è considerata una fonte di rischio importante perché la maggior parte degli esiti smaltimento dei rifiuti è provvisto di una copertura vegetale che riduce la propagazione aerea. Quest'ultima può formarsi se i rifiuti sono esposti in superficie, quindi sarà necessario considerarla come una fonte di rischio all'interno dell'analisi.

### ***La migrazione dei contaminanti***

Le sostanze contaminanti possono interagire o influire su un recettore attraverso un percorso. Se c'è pericolo per un recettore, allora ci sarà anche un canale che li metterà in contatto. In ogni caso, si deve considerare che le discariche siano prive di rivestimento e di barriere di contenimento sintetiche.

### ***La migrazione del percolato***

Esistono tre possibili percorsi per la migrazione del percolato: in verticale fino alla falda acquifera oppure sulla sommità della falda, dove l'acqua sotterranea è il recettore; in verticale fino alla falda acquifera e poi in orizzontale nella falda fino a un recettore come ad esempio un pozzo, una sorgente o un ruscello; in orizzontale alla superficie del suolo o a bassa profondità fino a un recettore superficiale.

La permeabilità e lo spessore del sottosuolo, così come il coefficiente di permeabilità e il tipo di sostrato roccioso, sono tutte variabili che influenzano il movimento e la mitigazione del percolato proveniente da una discarica. I seguenti elementi sono inclusi in questi fattori:

- ✓ La vulnerabilità delle acque sotterranee
- ✓ Il regime di flusso delle acque sotterranee
- ✓ Il drenaggio delle acque superficiali

La capacità degli inquinanti di spostarsi verticalmente verso una falda acquifera viene misurata in base alla vulnerabilità delle acque sotterranee, che è una funzione della permeabilità del sottosuolo (a sua volta legato al tipo) e dello spessore dello stesso.

La lunghezza dei flussi delle acque sotterranee (o componente di flusso orizzontale), l'attenuazione dei contaminanti e la possibilità di interazione con le acque superficiali sono tutti elementi misurati dal regime di flusso delle acque sotterranee.

La valutazione della relazione diretta tra il drenaggio delle acque superficiali associato al corpo dei rifiuti e i recettori adiacenti al sito è nota come drenaggio delle acque superficiali. Questo fattore indica la possibilità che la pioggia o altri agenti contaminanti scorrano orizzontalmente alla superficie del suolo o in prossimità di essa fino a un recettore, come un corso d'acqua, attraverso il ruscellamento o la percolazione.

### ***I recettori***

Un recettore può essere una persona o una popolazione, un essere vivente (ad es. bestiame, colture, fauna domestica o selvatica), un ecosistema, delle acque regimentate, l'atmosfera, le strutture o servizi e in generale tutto ciò che può venire danneggiato da una fonte tra quelle precedentemente elencate. Il potenziale di esposizione del recettore al pericolo, sia esso percolato o gas di discarica, è determinato dal percorso e dalla distanza tra il pericolo/fonte e il recettore, o dal valore della risorsa nel caso si tratti di una falda acquifera.

### ***I percorsi di migrazione del percolato***

La presenza umana, che è un segno della presenza di fonti idriche specifiche, è considerata un recettore sensibile in termini di migrazione del percolato dato che influisce sulla salute. Anche le aree protette (comprese le aree umide/ecosistemi), che sono altri potenziali recettori sensibili, hanno un impatto sul punteggio di rischio a causa della loro vicinanza all'impianto. Le acque sotterranee sono un recettore significativo per il percolato e sono un possibile bersaglio in caso di migrazione del percolato. Le reti idriche pubbliche sono considerate un recettore importante perché sono rappresentano un rischio per la salute pubblica se inquinate. Il punteggio di rischio è

influenzato dalla vicinanza delle discariche non controllate a una fonte d'acqua, nonché dalla loro collocazione rispetto alle acque sotterranee e/o alla direzione del flusso delle acque superficiali. Fiumi, laghi, estuari e corpi idrici costieri sono esempi di corpi idrici superficiali e la loro vicinanza ai recettori è un aspetto fondamentale.

### ***I percorsi di migrazione del gas***

A causa del potenziale accumulo di gas all'interno di aree confinate, come scuole, case e altre strutture simili, la presenza umana è considerata il principale recettore sensibile ai gas di discarica e ad altri fattori di disturbo correlati, come polveri e emissioni odorigene). In generale, il rischio di infiammabilità ed esplosione dovuto all'esposizione del gas di discarica all'esterno è trascurabile. Le distanze minime di tutti i potenziali recettori devono essere determinate e segnate su una mappa.

Se accessibili e affidabili, i dati riportati nella Tabella 8.1 dovrebbero essere inseriti nel Modello Concettuale del Sito:

Tabella 8.1. Dati chiave per lo sviluppo del CMS

Elemento	Descrizione	Informazioni necessarie
<b>Fonte</b>	Composizione e quantità dei rifiuti stoccati	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Quantità di rifiuti</li> <li>✓ Descrizione generale della topografia del sito</li> <li>✓ Tipologia effettiva di rifiuti e ispezione del sito (delineati in planimetria e in sezione trasversale)</li> <li>✓ Periodo di operatività della discarica non controllata</li> <li>✓ Prova (o possibilità) della generazione di percolato o gas nel sito post-ispezione (anche passandoci sopra) con un rilevatore a infrarossi (IR)</li> <li>✓ Età dei rifiuti e storia del sito</li> </ul>
<b>Pathway Leachate</b>	Migrazione nelle acque sotterranee	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Direzione del flusso</li> <li>✓ Indice di vulnerabilità</li> <li>✓ Regime di flusso</li> <li>✓ Drenaggio delle acque superficiali</li> </ul>
	Migrazione del gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tipo di suolo e di sostrato roccioso</li> <li>✓ Possibile presenza di servizi interrati</li> </ul>
<b>Recettori</b>	Migrazione del percolato	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fonte delle acque sotterranee</li> <li>✓ Approvvigionamento d'acqua potabile entro 1000 m (sia corpi idrici superficiale che acqua potabile)</li> <li>✓ Ubicazione di case, scuole, attività industriali e agricolo entro 1000 m</li> <li>✓ Aree protette: qualsiasi tipo di acqua superficiale o ecosistema dipendente da esse entro 1000 m dal perimetro della discarica</li> <li>✓ Zone paludose</li> <li>✓ Qualsiasi corpo idrico superficiale entro 1000 m dal perimetro del sito discarica</li> </ul>
	Migrazione del gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Posizione dei pozzi, scuole, attività industriali, alloggio temporaneo entro 250 m dal perimetro della discarica</li> <li>✓ Dettagli e ubicazione dei servizi sotterranei</li> </ul>

### ***Fonti di dati***

Ogni amministrazione locale è responsabile dell'identificazione degli impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti nel proprio territorio (Legge sulla gestione dei rifiuti della Repubblica di Bulgaria - SG n. 26/30.03.2012; Legge sull'ambiente n. 2872 in Turchia; Legge sui rifiuti del 14 dicembre 2012 in Polonia; Decreto Legislativo 36/2003 in Italia; Ordinanza del Governo d'Emergenza n. 78/2000 in Romania), e si dovrebbero adottare misure per garantire che i dati compilati siano il più accurati e affidabili possibile. Come minimo, l'area e lo spessore del corpo dei rifiuti dovrebbero essere disegnati su un sistema informativo geografico o GIS (Geographic Information System), così come l'età e il tipo di rifiuti dovrebbero essere identificati.

### ***Ispezione del sito (anche visiva)***

Nell'ambito della metodologia di valutazione del rischio di livello 1, il sopralluogo del sito deve essere effettuato da una persona sufficientemente qualificata/formata e deve consentire di documentare le informazioni raccolte durante lo studio a tavolino.

In caso in cui le informazioni utilizzate nella valutazione del rischio abbiano un basso livello di affidabilità, è necessario un sopralluogo per verificare i dati fondamentali prima di applicare l'approccio di screening del rischio. In ogni caso, se un impianto deve essere eliminato da ulteriori considerazioni, è necessario uno studio di walkover. Se durante il sopralluogo vengono rilevati rischi significativi, il sito deve essere considerato potenzialmente ad alto rischio e devono essere condotte le opportune indagini sul sito.

L'ispezione del sito avrà lo scopo di esplorare ciascuno dei potenziali collegamenti S-P-R e di raccogliere ulteriori informazioni sotto forma di fotografie, schizzi, mappe e altri metodi. Sarà di aiuto nella pianificazione di eventuali indagini approfondite. Durante la Fase 1, tutti i siti devono essere sottoposti a un sopralluogo condotto da una persona adeguatamente formata/qualificata.

Durante il sopralluogo è necessario definire l'entità del corpo dei rifiuti, valutarne il tipo, l'eventuale produzione di percolato e/o di gas di discarica (ad esempio, utilizzando un analizzatore di gas di discarica). Il sopralluogo servirà anche per determinare l'efficacia di eventuali materiali di copertura e per localizzare eventuali canali di scolo delle acque superficiali. Lo scolorimento della vegetazione, le emissioni di gas di discarica e le perdite di percolato devono essere documentati, anche attraverso delle prove fotografiche. In questa fase, una barra di ricerca e un analizzatore di gas di discarica (infrarossi, metano e CO<sub>2</sub>) possono

aiutare a determinare se il gas di discarica viene generato nel sito. I cambiamenti nella pendenza e nella copertura vegetale possono essere potenti indicatori della quantità di rifiuti o almeno del materiale depositato nei siti più vecchi, che possono essere difficili da analizzare accuratamente a causa della copertura di erba che non li rende chiaramente riconoscibili.

Se a questo punto si sono raccolte abbastanza prove di contaminazione, occorre intervenire e informare i proprietari dei terreni limitrofi, i residenti, i proprietari dei pozzi e le altre parti interessate da eventuali pericoli o impatti negativi noti.

La posizione di tutti i potenziali recettori deve essere chiaramente evidenziata su una mappa, con particolare attenzione a qualsiasi zona paludosa significativa entro 1 km dal sito.

### ***Presentazione delle informazioni***

Le informazioni necessarie per creare un modello concettuale del sito possono essere fornite in vari modi. Il formato più frequente è quello grafico, che comprende sezioni trasversali che indicano le connessioni S-P-R e una planimetria del sito (Figura 8.5), con un livello di informazioni che varia a seconda della complessità del sito. È fondamentale che i dati del CSM siano ben documentati e facilmente accessibili sotto forma di testo, figure e tabelle.



Figura 8.5. Un esempio di planimetria del sito con indicazioni sulla sorgente e sui recettori (adattato da Code of practice, EPA 2007)

### **8.3.1.2. Risk Screening**

Il paradigma fonte-percorso-recettore (S-P-R) nel modello concettuale sono valutati durante lo screening del rischio. In pratica, si valuta se il sito presenta o potrebbe presentare un rischio per i recettori. Inoltre, in questa fase si sviluppa un modello concettuale del sito per identificare le potenziali connessioni S-P-R. Si tratta di una fase di valutazione preliminare o qualitativa del rischio e comporta la determinazione della probabilità e dell'entità di eventuali effetti di collegamento. La procedura di screening suddivide inoltre il sito in molti tipi di rifiuti, come quelli elencati di seguito:

- ✓ Discarica di rifiuti edili
- ✓ Discarica di rifiuti solidi urbani gestita da un ente pubblico
- ✓ Discarica di rifiuti solidi urbani gestita da società privata
- ✓ Discarica di rifiuti pericolosi
- ✓ Discarica abusiva

È necessario effettuare un'analisi dei rischi a parte per determinare la contaminazione da percolato e/o gas di discarica. Il rischio complessivo è calcolato sulla base di entrambe le analisi dei rischi.

### **8.3.1.3. Prioritizzazione dei rischi**

La procedura di screening iniziale permette di classificare i siti come a rischio alto, moderato o basso, consentendo di dedicare le risorse all'indagine dei siti a più alto rischio e di concentrarsi sull'esame del paradigma S-P-R (Tabella 8.2). Ogni collegamento riceve un punteggio come parte del processo di prioritizzazione del rischio e il punteggio complessivo del sito è la somma dei singoli collegamenti per il sito in questione. Ciò consente di identificare i siti potenzialmente più pericolosi e le loro interconnessioni sostanziali. È probabile che alcuni collegamenti S-P-R siano più essenziali di altri, con conseguente identificazione dei recettori più sensibili in ciascun sito.

Poiché il sistema di punteggio assegna valori maggiori ai siti a più alto rischio, è possibile fare confronti significativi tra diverse località e tra i collegamenti specifici. A ciascuno dei collegamenti S-P-R verrà assegnato un punteggio che potrà essere utilizzato per determinare quale recettore è più vulnerabile. I siti possono anche essere elencati in ordine di importanza per facilitare l'allocazione delle risorse. Maggiore è il rischio, più alto è il punteggio ottenuto da un

sito/collegamento. Quando c'è un dubbio (o quando le informazioni sono sconosciute) su un particolare elemento di rischio, si dovrebbe presumere il punteggio più alto fino a quando non si possono raccogliere dati dall'ispezione sul sito che caratterizzano in modo più deciso la classificazione del rischio.

Il rischio è definito come la possibilità che un evento si verifichi e le sue conseguenze. Ciò fornisce un metodo semplice per calcolare il livello di rischio in una determinata situazione.

$$\text{Rischio} = \text{conseguenza} \times \text{probabilità}$$

Tabella 8.2. Classificazione dei rischi (Code of practice, EPA 2007).

<b>Tipo di rischio</b>	<b>Percentuali di rischio associate</b>
Rischio alto (Classe A)	Superiore o uguale al 70% per ogni collegamento SPR
Rischio moderato (Classe B)	Tra il 40 e il 70% per ogni collegamento SPR
Rischio basso (Classe C)	Minore o uguale al 40% per ogni collegamento SPR

#### 8.4.1. Fase 2: Ispezioni e test nel sito

Il livello 1 contribuisce a definire l'ambito del livello 2: ispezioni e test sul sito. L'obiettivo deve essere quello di raccogliere dati sufficienti per identificare l'esistenza di un collegamento S-P-R, nonché l'entità del legame e il pericolo rappresentato dalla fonte di contaminazione (tipo di rifiuto).

Quando si studia un fonti d'inquinamento come una discarica attraverso un approccio a fasi, si possono utilizzare diverse tecniche, come ad esempio: gli scavi di prova, le indagini geofisiche, l'inserimento di sonde o trivellazioni in un approccio graduale. Il livello di ambiguità di ciascun sito, così come il costo delle indagini, devono essere soppesati rispetto al rischio percepito. Queste ispezioni hanno il compiti di verificare se il corpo dei rifiuti ha la capacità di generare gas di discarica e percolato, che possono entrambi includere composti pericolosi, nonché la profondità a cui potrebbero raggiungere l'acqua.

È necessario sviluppare un piano di comunicazione per informare tutte le parti interessate (compresi i proprietari terrieri adiacenti) sulle attività d'ispezione che riguardano il sito. Qualsiasi risultato che possa suggerire un rischio maggiore per persone o cose deve essere

comunicato alle persone coinvolte e deve essere offerta una consulenza sulle azioni da intraprendere.

I siti a più alto rischio (Classe A) devono avere un programma d'ispezione completo che fornisca informazioni per confermare (o smentire) la loro classificazione di rischio e che serva da base per la valutazione quantitativa del rischio che sarà condotta nella Fase 3 e delle successive raccomandazioni di bonifica. Nel caso dei siti a rischio più basso (Classe C), le indagini devono essere organizzate in modo da disporre di informazioni sufficienti per verificare la classificazione del sito e formulare raccomandazioni per le fasi successive (se necessarie).

Se si scoprono configurazioni inaspettate che potrebbero influenzare significativamente gli obiettivi previsti, è fondamentale analizzare regolarmente le informazioni presentate in ogni fase dell'ispezione del sito e adeguarle di conseguenza.

L'obiettivo generale delle ispezioni sul sito (IS) è quello di fornire informazioni che consentano di valutare la presenza di potenziali contaminazioni fuoriuscite dal sito, che potrebbero richiedere l'implementazione di alcune misure di bonifica.

Mentre si definiscono gli obiettivi del programma d'ispezione, è necessario tenere a mente le seguenti domande generali:

- ✓ A quali tipi di richieste il programma d'ispezione deve essere in grado di rispondere?
- ✓ Quali informazioni sono necessarie e con quale grado di affidabilità e dettaglio?
- ✓ Qual è l'obiettivo del programma d'ispezione in relazione alla tecnica di analisi dei rischi adottata?

A seconda della classificazione di rischio del sito, devono essere raccolti diversi tipi di informazioni. (Tabella 8.3).

Tabella 8.3. Information required for discarica non controllatas risk assessment performance.

	<b>Siti di classe A (Rischio alto)</b>	<b>Siti di classe B (Rischio moderato)</b>	<b>Siti di classe C (Rischio basso)</b>
A quali tipi di richieste il programma d'ispezione deve essere in grado di rispondere?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● I dati utilizzati nel modello concettuale e nell'analisi dei rischi sono corretti e validi?</li> <li>● È necessario ricorrere all'aiuto di un professionista, ad esempio un ecologo?</li> <li>● Sono presenti rifiuti biodegradabili o pericolosi?</li> <li>● C'è il rischio di migrazione di gas di discarica?</li> <li>● Esiste un ostacolo geologico?</li> <li>● È possibile scaricare un determinato materiale direttamente nelle acque sotterranee?</li> <li>● Qual è il grado d'interazione tra le acque sotterranee e quelle superficiali in termini di connettività idraulica?</li> <li>● Sono previste delle ripercussioni?</li> <li>● Quali sono le azioni correttive necessarie?</li> <li>● Sono state già adottate delle azioni correttive? Hanno avuto successo?</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Le informazioni necessarie per i siti a rischio moderato (Classe B) non sono così ampie come quelle richieste per i siti ad alto rischio (Classe A), ma dovrebbero essere significativamente superiori a quelle richieste per i siti a basso rischio (Classe C).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● I dati utilizzati nel modello concettuale e nell'analisi dei rischi sono corretti e validi?</li> <li>● Sono previste delle ripercussioni?</li> <li>● Sono state già adottate delle azioni correttive?</li> </ul>
Quali informazioni sono necessarie e con quale grado di affidabilità e dettaglio?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tipo ed età dei rifiuti nel corpo rifiuti</li> <li>● Profondità del corpo rifiuti</li> <li>● Composizione e spessore degli strati di copertura finale</li> <li>● Monitoraggio del percolato</li> <li>● Tipo, spessore e permeabilità del sottosuolo (test in loco o in laboratorio necessari)</li> <li>● Proprietà idrogeologiche</li> <li>● Tipo di sostrato roccioso</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nel sito viene generato percolato e/o gas di discarica?</li> <li>● Monitoraggio del recettore più vicino al gas di discarica</li> <li>● C'è qualche fuoriuscita del percolato visibile? In caso affermativo, prelievamento di campioni dei corpi idrici</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tipo e flusso dell'acquifero</li> <li>● Livello e direzione delle acque sotterranee</li> <li>● Livelli limite delle acque sotterranee da definire</li> <li>● Surface water drainage location and hydrological setting, including water levels and flow rates</li> <li>● Classificazione delle acque superficiali</li> <li>● Analisi ambientale con valori e funzioni</li> <li>● Punto di conformità (PoC) da definire</li> <li>● Requisiti di monitoraggio di punti esterni alla discarica (pozzi d'ispezione )</li> <li>● Monitoraggio per i valori tipici del percolato nelle acque superficiali</li> <li>● Monitoraggio delle acque sotterranee per i valori tipici del percolato a monte e a valle del sito (compresa la necessità di installare pozzi di monitoraggio)</li> </ul>		<p>superficiali e dei pozzi privati entro 250 m dal sito.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● C'è abbastanza materiale di copertura sul sito per evitare infiltrazioni d'acqua nel corpo rifiuti?</li> </ul>
<p>Qual è l'obiettivo del programma d'ispezione in relazione alla tecnica di analisi dei rischi adottata?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Conferma che il sito è un sito di classe A e che la situazione richiede un'ulteriore valutazione quantitativa del rischio e la bonifica.</li> <li>● Raccolta di dati sufficienti per una valutazione quantitativa del rischio.</li> <li>● Raccolta di dati sufficienti per dimostrare l'efficacia delle tecniche correttive consigliate.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● È la base per le azioni correttive consigliate (se necessarie) e mira ad assicurare che il sito non rappresenti un problema per l'ambiente o la salute umana.</li> </ul>

Il livello e l'ambito di applicazione del programma d'ispezione del sito sono determinati dal livello di rischio ambientale che il sito presenta. Esistono vari gradi d'ispezione che possono essere utilizzati, da quelle base ad altre più approfondite e, in alcuni casi, si può passare a ispezioni specialistiche che possono essere necessarie per approfondire problemi specifici.

Per i vari tipi di siti, i tipi d'ispezione sul sito potrebbero essere:

- ✓ Ispezioni base (Fase 1) – desk analysis, ispezioni sul sito – all locations
- ✓ Ispezioni esplorative (Fase 2) – siti di Classe A, B e C
- ✓ Ispezione approfondite (Fase 2) – siti di Classe A e B
- ✓ Ispezioni supplementari (Fase 2) – a seconda del sito, ma dovrebbero essere fatte in tutti i tipi di sito se necessario

Il modello concettuale del sito (CSM) e i collegamenti fonte-percorso-recettore (S-P-R) individuati durante l'analisi dei rischi di livello 1 (il CSM, il risk screening e la definizione delle priorità) devono essere considerati in ogni circostanza. Poiché i requisiti reali possono variare a seconda delle condizioni del terreno osservate durante le indagini sul sito, l'obiettivo dell'ispezione deve consentire una certa flessibilità nei metodi di indagine. Prima di iniziare queste attività, deve essere predisposta una programma che specifichi ispezioni da effettuare e i luoghi di campionamento. Durante le ispezioni, è necessario redigere e seguire un adeguato piano di sicurezza, rispettando tutta la legislazione in materia.

#### **8.4.2. Fase 3: Ottimizzazione del CSM e valutazione quantitative dei rischi**

In base al programma di indagini sul sito delineato nella Metodologia di analisi del rischio presente nella Fase 2: Indagini e test sul sito, le informazioni raccolte devono essere utilizzate per perfezionare il modello concettuale del sito (CSM), se necessario, e il lavoro di screening del rischio deve essere ripetuto per confermare l'entità del rischio iniziale definito nella Metodologia di analisi dei rischi presente nella Fase 1: Modello concettuale del sito, screening del rischio e prioritizzazione.

Le ispezioni sul sito dovrebbero aver stabilito le relazioni fonte-percorso-recettore e la loro relativa rilevanza. In alcune circostanze, è possibile che non ci sia relazione, eliminando così il rischio; in altri casi, è possibile che si scoprano collegamenti precedentemente sconosciuti, con conseguente rivalutazione della categorizzazione del rischio del sito. L'ottimizzazione del CSM è fondamentale perché il primo screening si è basato su dati d'ispezioni preliminari/esplorativi ed

è fondamentale che la categorizzazione del rischio sia confermata solo dopo un esercizio di screening completo del rischio basato su dati di alta qualità.

Il miglioramento del modello concettuale consente di valutare i rischi noti e di determinare il grado di incertezza, permettendo di scegliere in modo tempestivo se necessario.

Quando si stabilisce che un sito rappresenta un pericolo elevato o moderato per l'ambiente o la salute umana attraverso la procedura di screening del rischio, è necessaria una valutazione quantitativa del rischio. Esistono due tipi di valutazioni quantitative del rischio: le valutazioni quantitative generiche e le valutazioni quantitative dettagliate del rischio. La prima utilizza delle linee guida o dei criteri di valutazione generici (GAC) cioè valori generalmente applicabili a un'intera classe o gruppo, ad esempio, in base a come verrà riutilizzata la discarica risanata; mentre le valutazioni quantitative del rischio dettagliate utilizzano criteri di analisi dei rischi e strumenti specifici per il sito. La scelta di quale forma di valutazione dei rischi utilizzare è specifica per il sito e si basa sull'affidabilità dei dati disponibili.

Dopo l'implementazione di una valutazione dei rischi generica o dettagliata, è necessario valutare il grado di rischio complessivo del sito. È necessario definire i recettori essenziali, il grado di incertezza legato al sito e ai dati utilizzati, nonché le ipotesi fatte, e valutare i rischi associati.

### **8.5. Gli strumenti di supporto all'analisi e alla valutazione dei rischi**

La valutazione del rischio è una metodologia in continua evoluzione. Questo vale non solo per la gestione dei rifiuti e altre questioni ambientali, ma anche per l'industria alimentare, l'ecologia, la fisica sanitaria, le radiazioni, i terremoti, la finanza, la gestione delle costruzioni, le imprese, i sistemi di regolamentazione, ecc. Le basi sono le stesse indipendentemente dal tipo di valutazione del rischio o dal contesto di applicazione: un bersaglio/recettore ambientale viene minacciato/influenzato da un fonte di rischio o da un evento indesiderato attraverso un percorso. In questo senso, esistono tre approcci per controllare i rischi: eliminare la fonte di pericolo, rimuovere i recettori o manipolare i percorsi che collegano i fonti e recettori.

Le fonti di pericolo possono essere individuate, i loro impatti possono essere simulati e l'analisi del rischio può essere definita con maggiore accuratezza grazie allo sviluppo di metodologie computazionali e alla capacità di modellare i sistemi con maggiore precisione. Il risultato è una gestione dei rischi più efficace. Questi progressi sono essenziali in tutti i campi dell'attività

umana, ma sono particolarmente rilevanti per le sfide ambientali, dove i rischi sono sempre più significativi.

Esistono diverse tecnologie informatiche a supporto della valutazione dei rischi delle discariche (Robu et al., 2007):

- ✓ LandSim
- ✓ HELP – valutazione idrogeologica delle prestazioni delle discariche
- ✓ GasSim
- ✓ GasSimLite, e
- ✓ RIP – Repository Integration Programme

Sebbene le funzioni del RIP siano state successivamente estese per prendere in considerazione le discariche su scala più grande, i primi quattro programmi sono specificamente destinati alla valutazione dei rischi nel campo dello smaltimento dei rifiuti solidi. Gli altri tipi di software non sono chiaramente legati al rischio rifiuti, ma potrebbero essere utilizzati per supportare alcuni aspetti di questo tipo di valutazione. Drill Guide, ad esempio, è utile perché può essere incluso nel modulo geologico di una ricerca di base di discarica non controllata, che aiuterà nel processo di valutazione del rischio.

Per quanto riguarda i programmi software dedicati alla valutazione del rischio delle discariche relativi al percolato, essi non comprendono tutti gli aspetti dell'approccio precedentemente visti. Ad esempio, il software LandSim, dedicato esclusivamente alla valutazione del rischio dei rifiuti solidi, prevede in modo probabilistico le potenziali concentrazioni di inquinanti del percolato che possono raggiungere un particolare sito nel terreno (ad esempio, il punto di prelievo delle acque sotterranee) in un determinato periodo di tempo (in anni). Inoltre, tiene conto dei cambiamenti temporali e spaziali. Tuttavia, non include la parte di quantificazione degli studi sull'esposizione, come la quantità di esposizione che le persone (o il bestiame) riceverebbero se consumassero queste acque sotterranee. Di conseguenza, la caratteristica di LandSim di stimare la concentrazione di inquinanti in un recettore come le acque sotterranee può essere estesa per quantificare l'esposizione (ad esempio, per il bestiame o un allevamento di pesci), consentendo una valutazione quantitativa del rischio più completa.

Inoltre, è una tecnica che si concentra principalmente sulle acque sotterranee come recettore, piuttosto che su altri sensori ambientali come la popolazione umana, il bestiame e le colture in

un'area agricola. Anche se il programma consente di classificare i pericoli in categorie come tossici, non tossici, cancerogeni e non cancerogeni, non è prevista la classificazione delle fonti di contaminazione (hazard) in gruppi come tossici, non tossici, cancerogeni e non cancerogeni. In sintesi, il LandSim è una componente del sistema di valutazione dei rischi complessivi, non l'intero sistema. Allo stesso modo, il programma HELP include solo una parte della valutazione del rischio delle discariche non controllate. Si tratta perlopiù di caratteristiche progettuali della discarica (come rivestimenti e strati di copertura finale) e di alcuni componenti dello studio di base (come le precipitazioni e il ruscellamento superficiale), ma non copre molti altri moduli e sottomoduli della valutazione dei rischi.

Anche se include moduli essenziali per la valutazione del rischio, come la generazione, la migrazione, l'impatto e l'esposizione del gas, il software GasSim è stato sviluppato per valutare esclusivamente il gas di discarica, non il percolato. Anche GasSimLite è stato creato pensando al gas di discarica e può essere utilizzato solo per calcolare le emissioni di gas. Sia GasSim che GasSimLite, come gli altri modelli elencati, non sono modelli di valutazione dei rischi complessivi in senso categoriale e algoritmico.

Il software RIP, invece, è un modello probabilistico integrato per sistemi ambientali che non è stato progettato esplicitamente per valutare il rischio di una discarica non controllata. È stato creato pensando a qualsiasi fonte inquinante immaginabile nel terreno, come ad esempio un serbatoio di stoccaggio di sostanze chimiche. Di conseguenza, i valutatori del rischio devono adattare il RIP, che è un software generico, ai loro problemi specifici, come nel caso delle discariche non controllate. Questo adattamento richiede tempo e non è un compito semplice per tutti. Sebbene il RIP possa essere utilizzato nelle discariche per affrontare problemi come il rilascio e il trasporto di inquinanti, non fornisce un semplice approccio di valutazione del rischio totale per il percolato di discarica, come al contrario potrebbe fare un valutatore del rischio dedicato al percolato in modo sequenziale e sistematico.

GoldSim è un altro programma di simulazione che può essere utilizzato per un'ampia gamma di applicazioni, la maggior parte delle quali rientra in una delle tre categorie: modellazione di sistemi ambientali, modellazione economica e aziendale o modellazione di sistemi ingegneristici. Di conseguenza, questo software supera anche il RIP in termini di generalità ma anche in questo caso gli utenti devono imparare ad adattare GoldSim alle loro situazioni specifiche parallelamente al RIP.

Il programma ConSim è uno strumento per stimare i rischi che i contaminanti che migrano dai terreni contaminati comportano per la qualità delle acque sotterranee. Questo programma non è stato costruito specificamente per l'uso con discariche, soprattutto quando includono una testa di percolazione e/o rivestimenti, cosa estremamente probabile.

Il software Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) analizza esclusivamente i pericoli per la salute umana, non per altri recettori ambientali come piante, animali, edifici o acque regimentate. I percorsi sono considerati solo dal punto di vista del suolo come mezzo di esposizione, non dal punto di vista del percolato. Nel caso di ConSim, il programma CLEA è stato creato per l'uso con il suolo contaminato piuttosto che con la discarica non controllata e né ConSim né CLEA forniscono un modello di valutazione dei rischi completo per la discarica non controllata.

La metodologia Hazardous Waste Identification Rule (HWIR) descrive come viene effettuata una valutazione su scala nazionale negli Stati Uniti per stimare i rischi umani ed ecologici al fine di creare soglie di esenzione specifiche per i flussi di rifiuti industriali rilevanti. Il processo di valutazione del rischio è stato automatizzato utilizzando la tecnologia di modellazione HIWR. L'obiettivo del sistema HIWR è ridurre la possibilità di un eccesso di regolamentazione. Promuovendo la minimizzazione dei rifiuti e lo sviluppo di tecnologie innovative per il loro trattamento, HIWR può contribuire alla gestione dei rifiuti a lungo termine. Il metodo HIWR si rivolge a un'ampia gamma di recettori viventi, tra cui la fauna del suolo, i mammiferi e le piante, ma non sembra trattare gli esseri non viventi come recettori. Nel contesto della stima dei rischi di discarica non controllata, l'attenzione sembra concentrarsi sui rifiuti stessi piuttosto che su uno specifico scenario di discarica non controllata.

SADA (Spatial Analysis and Decision Assistance) è un software che combina le tecnologie dell'area della valutazione ambientale in un ambiente di problem solving. Questi strumenti comprendono la visualizzazione, l'analisi geospaziale, la valutazione dei rischi per la salute umana e l'ecologia, l'analisi costi/benefici, la progettazione dei campionamenti e l'analisi delle decisioni. Tra un gran numero di opzioni sono stati scelti come esempio solo i due strumenti o moduli più rilevanti. Il modulo Rischio per la salute umana fornisce una valutazione approfondita del rischio per la salute umana e i relativi database. Gli usi del suolo che rientrano in questa categoria sono quelli residenziali, industriali, agricoli, ricreativi e di scavo, ma non le discariche. Il rischio ecologico è un altro modulo o unità di SADA che consente agli utenti di

effettuare screening di riferimento e di calcolare il rischio per una varietà di recettori terrestri e acquatici attualmente in fase di inclusione.

Un altro programma utile è il Multimedia Environmental Pollutant Assessment System (MEPAS), un insieme di modelli ambientali destinati alla valutazione dell'ambiente contaminato. Il software incorpora il transito degli agenti chimici e radioattivi e i percorsi di esposizione per stimare il loro potenziale impatto sull'ambiente e sulla popolazione. I moduli MEPAS sono stati integrati nella piattaforma FRAMES, consentendo di utilizzare i modelli menzionati insieme ad altri modelli ambientali per avere un'analisi più completa. I software MEPAS e ARAMS nel contesto delle discariche non controllate hanno una funzione simile. Entrambi i programmi informatici non intendono fornire una tecnica olistica di valutazione del rischio per il percolato di discarica.

Risk Analysis Framework Multimedia Environmental Systems (FRAMES) è una piattaforma che consente agli utenti di creare scenari ambientali e fornisce opzioni per la selezione dei codici informatici più appropriati per effettuare valutazioni di gestione del rischio umano e ambientale. Questo programma adotta un approccio ampio e flessibile per capire come le attività industriali influenzano le persone e l'ambiente. Include modelli che abbracciano diverse discipline scientifiche, consentendo soluzioni personalizzate per operazioni specifiche e fornendo dati utili alla gestione aziendale e tecnica di una discarica. In conclusione, lo strumento più adatto per riconoscere, analizzare e controllare i potenziali rischi per l'ambiente, la sicurezza e la salute è utilizzare FRAMES. Si tratta di un programma molto ampio che però manca di un software per le discariche non controllate e per il percolato che possa assistere chi conduce un'analisi dei rischi utilizzando la vasta gamma di elementi.

## **8.6. Validazione della valutazione del rischio**

Ogni attività di screening del rischio del sito richiede la preparazione di una relazione. Il modello concettuale, così come il calcolo dei punteggi di rischio utilizzando le equazioni di collegamento S-P-R, saranno il fulcro della relazione. Il rapporto può essere utilizzato per garantire che venga seguito l'approccio delineato nei testi legali e nelle raccomandazioni pertinenti.

Nel report vanno inclusi i seguenti elementi:

- ✓ Il report che descrive il sopralluogo
- ✓ Illustrazioni del modello concettuale del sito (es. planimetria e sezioni trasversali).

- ✓ Un diagramma di rete ( o simili) che raffiguri il paradigma S-R-P esplorato durante la valutazione
- ✓ Una serie di mappe GIS (tutte alla stessa scala) utilizzate come livelli distinti di informazioni nella valutazione del rischio, con la delimitazione del corpo dei rifiuti e una barra di scala che raffiguri chiaramente la distanza. Ciò consentirà di ricontrollare le informazioni contenute nelle tabelle di screening del rischio.
- ✓ L'equazione del paradigma S-P-R utilizzato per lo screening dei rischi.
- ✓ Un riepilogo del modello concettuale, compresi i dati di impatto disponibili e le fasi di bonifica attuate.

È necessaria una relazione approfondita che illustri i metodi adottati e le ipotesi formulate in relazione alla valutazione quantitativa del rischio. Deve chiarire chiaramente i criteri di valutazione utilizzati e, nel caso di una valutazione del rischio quantitativa complessiva, deve fornire sia la fonte che la spiegazione dell'utilizzo di criteri di valutazione specifici per il sito. La relazione deve essere trasmessa alle autorità competenti e deve contenere suggerimenti sulle misure da attuare in ciascun sito. Una volta completata l'opzione di bonifica concordata, deve essere presentata una relazione di verifica completa che dimostri che il legame S-P-R è stato interrotto e che la bonifica ha avuto successo (o meno).

### **8.7. I rischi potenziali di una discarica non controllata**

Nella rivista "The Lancet Oncology" di Senior e Mazza (2004) hanno usato per la prima volta il termine "triangolo della morte" per descrivere la parte orientale della Regione Campania (Italia meridionale), che ha uno dei peggiori record di scarichi illegali di rifiuti. Si tratta di una zona della provincia di Napoli, a circa 25 chilometri a nord-est del capoluogo campano. La crisi della gestione dei rifiuti e il triangolo della morte sono essenzialmente il risultato dell'incapacità del governo di prevenire lo scarico illecito di rifiuti. Inquinanti come le diossine e i policlorobifenili (PCB) sono stati scoperti nel suolo e nel sangue degli abitanti della zona. Di conseguenza, nella regione si è registrato un aumento della mortalità per cancro, attribuito all'inquinamento da discarica non controllata (Triassi et al., 2015). Ecco perché negli ultimi decenni molte ricerche si sono concentrate sulla possibilità che lo smaltimento illecito dei rifiuti abbia conseguenze negative sulla salute.

L'impatto dei rifiuti è determinato dalla loro composizione e dalle tecniche di smaltimento illegale. Rame, arsenico, mercurio, policlorobifenili, idrocarburi e altri rifiuti nocivi provenienti

dall'ultima fase dell'attività industriale sono tra i composti trovati nella composizione dei rifiuti. L'interramento dei rifiuti illegale ha fatto sì che si formassero delle discariche di rifiuti tossici, in zone coltivabili, nelle autostrade, negli edifici e nei cantieri.

Quando i rifiuti vengono rilasciati nell'ambiente in modo incontrollato rappresentano una minaccia per il territorio e la fauna selvatica dell'area. L'entità dell'impatto, d'altra parte, non è sempre chiara e può richiedere del tempo per manifestarsi.

### **8.7.1. La contaminazione dell'acqua e del suolo**

Quando una grande quantità di rifiuti viene raccolta in un unico luogo, il rischio di contaminazione del suolo e delle acque circostanti è altissimo. A differenza degli impianti di smaltimento rifiuti ingegnerizzati, che cercano di salvaguardare l'area circostante dalla contaminazione, le discariche non controllate non dispongono di sistemi di sicurezza ambientale integrati e di un monitoraggio continuo. Il deflusso dei rifiuti pericolosi può contaminare torrenti, fiumi, laghi e persino l'acqua potabile se non viene monitorato e gestito. Le sostanze chimiche possono anche penetrare nel terreno, rendendolo sterile o favorendo la diffusione di piante invasive resistenti agli effetti delle sostanze chimiche. È anche probabile che le sostanze chimiche contaminino la vegetazione, il che potrebbe portare alla contaminazione delle scorte alimentari.

### **8.7.2. L'inquinamento atmosferico**

Le discariche abusive possono inquinare l'aria. Alcuni rifiuti possono contenere molecole che, una volta decomposte, spargono composti pericolosi nell'aria. Queste sostanze potrebbero includere CO<sub>2</sub> o altri gas dannosi per il nostro ecosistema. Di conseguenza, la discarica non controllata potrebbe contribuire in qualche misura all'inquinamento atmosferico.

### **8.7.3. La distruzione della biodiversità**

Le discariche abusive hanno un impatto anche sugli animali. Anzi, sono proprio loro i più colpiti. Nel migliore dei casi, un mucchio di rifiuti che ostruisce il loro tipico percorso di viaggio causa loro qualche inconveniente. Purtroppo, però, i problemi non finiscono qui. I rifiuti depositati nelle foreste o in altre aree naturali possono contenere composti pericolosi. Quando gli animali entrano in contatto con questi inquinanti, possono subire danni. Inoltre, gli animali possono

essere contaminati da microrganismi pericolosi presenti nei rifiuti, con conseguente trasmissione di malattie a diversi animali attraverso la catena alimentare.

Gli animali possono anche subire un cambiamento nel loro normale ambiente di vita a causa dello smaltimento dei rifiuti. Molti animali sono molto sensibili ai cambiamenti del loro ambiente di vita naturale ed evitano il contatto con l'uomo e con gli oggetti costruiti dall'uomo. Di conseguenza, le discariche illegali possono provocare la loro migrazione verso luoghi meno contaminati, dove possono sentirsi più a loro agio nel loro habitat naturale.

I rifiuti attirano anche specie che non sono native dell'area. Ciò può comportare l'introduzione di nuove malattie e predatori, come zanzare e procioni, sconvolgendo il flusso naturale dell'ecosistema.

La discarica non controllata può anche avere un grave impatto sulla vita acquatica. Molte aziende in paesi con normative ambientali poco rigorose gettano i loro rifiuti industriali nei fiumi e nei laghi. Gli animali acquatici, così come molti altri organismi acquatici, ne risulteranno contaminati. Molte di queste specie acquatiche saranno danneggiate dalle sostanze tossiche e potranno persino morire a causa degli effetti negativi dei composti dei rifiuti industriali.

Lo scarico dei rifiuti può avere un impatto anche sugli uccelli. Gli uccelli consumano spesso piccole creature come vermi e insetti. Le concentrazioni di insetti possono diminuire drasticamente se una regione è fortemente contaminata da scarichi illegali. Ciò può comportare una scarsità di cibo per gli uccelli, con conseguente diminuzione delle loro popolazioni.

#### **8.7.4 Aumento degli incendi**

La maggior parte dei rifiuti è combustibile. Poiché diversi tipi di rifiuti possono mescolarsi, si possono liberare fumi infiammabili. Se un sito di discarica non controllato viene lasciato incustodito, aumentano le possibilità che un incendio spontaneo si trasformi in un vero e proprio incendio boschivo. Inoltre, i rifiuti depositati possono causare inondazioni bloccando i canali naturali dell'acqua o accelerando il processo di erosione.

#### **8.7.5. Aumento dei problemi di salute**

I problemi di salute sono una delle minacce più gravi che la discarica non controllata rappresenta per l'uomo (Musmeci et al., 2010). Insetti come zanzare e mosche, nonché animali portatori di malattie come ratti, puzzole e opossum, prosperano nelle aree in cui vengono smaltiti i rifiuti. La

febbre dengue, la febbre gialla, l'encefalite e la malaria sono solo alcune delle malattie mortali che questi animali possono trasmettere. Alcuni studi hanno anche affermato che vivere in una zona in cui sorgono discariche non controllate provoca danni alla salute mentale delle persone.

Vetri rotti, metalli taglienti e aghi ipodermici, tra gli altri pericoli delle discariche non controllate e a cielo aperto, possono causare gravi lesioni, come elettrodomestici in cui bambini o animali possono rimanere intrappolati; pneumatici che possono prendere fuoco e rilasciare fumi tossici. I rifiuti provenienti da laboratori illegali di droga possono essere pericolosi fin da subito (ad esempio, esplosioni, incendi, ustioni chimiche o vapori). Composti tossici come antigelo, vernici, insetticidi e mercurio proveniente dai sensori delle luci pilota degli apparecchi a gas e altri prodotti sono tra i rischi chimici che possono essere particolarmente pericolosi.

I rifiuti sanitari contaminati, ad esempio, possono indurre infezioni potenzialmente letali (HIV/AIDS o epatite B o C). I roditori che diffondono malattie possono essere attratti dai rifiuti domestici (ad esempio, avanzi di cibo, pannolini sporchi). Le zanzare portatrici di encefalite o del virus del Nilo occidentale possono riprodursi in pneumatici abbandonati o in altri oggetti che accumulano acqua stagnante. A seconda del livello e del periodo di esposizione, l'amianto può causare malattie polmonari o addirittura il cancro.

In effetti, la discarica non controllata inquina l'ambiente in modo tale da avere conseguenze sulla salute sia a breve che a lungo termine. Anomalie congenite, asma e infezioni respiratorie sono esempi di impatti a breve termine. Sono stati riportati anche casi di tensione, ansia, mal di testa, vertigini, nausea e irritazione degli occhi e delle vie respiratorie. I disturbi respiratori e cardiovascolari cronici, il cancro e le malattie del cervello, dei nervi, del fegato, del sistema linfematopoietico e dei reni sono tutte conseguenze a lungo termine dell'esposizione ai rifiuti (Sexton & Hattis, 2007).

#### **8.7.6. La svalutazione immobiliare**

L'impatto della discarica non controllata sugli investimenti immobiliari e sui terreni residenziali è altrettanto negativo. È risaputo che l'ubicazione di un immobile ha un impatto positivo o negativo sul prezzo o sull'affitto della proprietà. Di conseguenza, in presenza di discariche non controllate è molto probabile che il valore degli immobili nelle aree interessate diminuisca. Per questo motivo, se si confrontano gli affitti delle abitazioni adiacenti alle discariche in questione con quelli delle abitazioni più lontane, si nota una variazione significativa degli affitti.

### **8.7.7. Gli effetti negativi sul turismo**

Gli effetti negativi delle discariche non controllate interessano anche il turismo. Nel caso in cui ci sia una discarica non controllata in una zona turistica, è ovvio che persone vorranno trascorrere le vacanze altrove, in luoghi piacevoli e puliti, dove non ci sono rifiuti esposti o scaricati illegalmente.

Il turismo è la principale fonte di reddito per molti paesi del mondo. Le discariche non controllate e abusive possono quindi rappresentare una grave minaccia per il turismo come principale mezzo di sostentamento. Molti governi, d'altra parte, sono consapevoli del problema e stanno adottando misure per affrontarlo al fine di mantenere le spiagge e le altre aree naturali il più pulite possibile.

## **Bibliografia**

Butt TE, Lockley E, Oduyemi KO. Risk assessment of landfill disposal sites--State of the art. *Waste Management* 2008;28(6):952-64. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.05.012.

CODE OF PRACTICE: Environmental Risk Assessment for Unregulated Waste Disposal Sites. Environmental Protection Agency 2007, ISBN 1-84095-226-1

Menzie CA, MacDonell MM, Mumtaz M. A phased approach for assessing combined effects from multiple stressors. *Environ Health Perspect.* 2007 May;115(5):807-16. DOI: 10.1289/ehp.9331.

Mohd Pauzi NI and Che Razali Z. Risk assessment at discarica non controllataing area using Monte Carlo simulation. 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 527 012019

Musmeci L, Bellino M, Cicero MR, Falleni F, Piccardi A, Trinca S. The impact measure of solid waste management on health: the hazard index. *Ann Ist Super Sanita.* 2010;46(3):293-8. DOI: 10.4415/ANN\_10\_03\_12.

Robu BM, Căliman FA, Bețianu C, Gavrilesco M. Methods and procedures for environmental risk assessment. *Environmental Engineering and Management Journal* 2007 Nov/Dec, Vol.6, No.6, 573-592.

Senior K, Mazza A. Italian "Triangle of death" linked to waste crisis. *Lancet Oncol.* 2004;5(9):525-7. DOI: 10.1016/s1470-2045(04)01561-x.

Sexton K, Hattis D. Assessing cumulative health risks from exposure to environmental mixtures - three fundamental questions. *Environ Health Perspect.* 2007 May;115(5):825-32. DOI: 10.1289/ehp.9333.

Solomon KR, Wilks MF, Bachman A, Boobis A, Moretto A, Pastoor TP, Phillips R, Embry MR. Problem formulation for risk assessment of combined exposures to chemicals and other stressors in humans. *Crit Rev Toxicol.* 2016 Nov;46(10):835-844. DOI: 10.1080/10408444.2016.1211617.

Triassi M, Alfano R, Illario M, Nardone A, Caporale O, Montuori P. Environmental pollution from illegal waste disposal and health effects: a review on the "triangle of death". *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Jan 22;12(2):1216-36. DOI: 10.3390/ijerph120201216.