



Sito impiantistico
Galliera (BO)


Valutazione di Impatto Ambientale

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Ottimizzazione di utilizzo del sito impiantistico esistente
attraverso il ridimensionamento dell'area dedicata al
servizio di deposito finale dei rifiuti

ELABORATO 9
Analisi di rischio

Approvato	K. Gamberini	 SOCIETÀ DI INGEGNERIA ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI	
Controllato	L. Savigni F. Zanni		
Redatto	ZGA		
Rev.	00	Data	30/04/2025
Cod. Doc.	DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Pagine	1 di 53

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	4
2. ANALISI DI RISCHIO RBCA TIER II	6
2.1. DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	6
2.2. CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE	9
2.2.1. <i>Inquadramento Territoriale</i>	9
2.2.2. <i>Quantità e tipologia dei rifiuti smaltiti</i>	10
2.2.3. <i>Sistema di gestione del percolato</i>	13
2.2.4. <i>Barriera di fondo e delle sponde</i>	18
2.3. IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI POTENZIALI CHEMICAL OF CONCERNS (COCS)	21
2.4. DEFINIZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE NELL'AREA DI INTERESSE	27
2.5. CARATTERIZZAZIONE DEI MEDIA AMBIENTALI	28
2.5.1. <i>Parametri per la zona insatura</i>	30
2.5.2. <i>Parametri per la Zona Saturata (Acquifero)</i>	32
2.6. INDIVIDUAZIONE DEI POTENZIALI RICETTORI	34
2.6.1. <i>Percorsi di esposizione</i>	35
2.6.2. <i>Caratterizzazione dei potenziali ricettori</i>	37
2.7. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE	37
2.7.1. <i>Calcolo della portata effettiva di esposizione</i>	37
2.7.2. <i>Valutazione Dose-Risposta</i>	40
3. CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO	43
3.1. RISCHIO PER LA SALUTE UMANA	43
3.1.1. <i>Rischio Cancerogeno</i>	44
3.1.2. <i>Rischio Tossico</i>	45
3.1.3. <i>Criteri di accettabilità</i>	46
3.1.4. <i>Risultati Analisi Rischio Cancerogeno e Pericolo Tossico</i>	46
3.2. RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA	48

4.	CONCLUSIONI	50
5.	BIBLIOGRAFIA	51

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	3 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto tecnico riguarda l'Analisi di Rischio per la Salute Umana e per l'Ambiente (EHHRA - Environmental and Human Health Risk Assessment) di secondo livello (Tier II), per il secondo stralcio della discarica per rifiuti non pericolosi ubicata in Via San Francesco, 1 nel Comune di Galliera (BO).

L'obiettivo dell'analisi di rischio è quello di verificare l'accettabilità del rischio sanitario ed ambientale per i recettori individuati (lavoratori) che potrebbero essere potenzialmente esposti alle concentrazioni di inquinanti presenti sia nel sottosuolo sia nelle acque sottostanti la discarica e di verificarne il rischio per la risorsa idrica (falda).

In particolare, è stata effettuata un'Analisi di Rischio sito specifica, per verificare l'accettabilità del rischio - sanitario e ambientale per i contaminanti contenuti nel percolato virtuale che caratterizza tale discarica.

L'analisi di rischio di secondo livello - TIER II viene redatta facendo riferimento ai seguenti standard internazionali:

- D.Lgs 152/2006 e successive modifiche (Parte IV);
- ASTM E1739-95 "*Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*", comunemente noto come RBCA (Rebecca) ed ampiamente utilizzato nell'ambito dei siti contaminati di origine industriale con contaminazioni da idrocarburi;
- ASTM PS-104-98 "*Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action*";
- ISPRA Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche rev. 0 Giugno 2005 (ISPRA 2005);
- ISPRA Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati Revisione 2 Marzo 2008 (ISPRA 2008);
- Banca dati ISS;
- IRIS (Integrated Risk Information System);
- HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables);
- IUS EPA 1999. IRIS (Integrated Risk Information System) database;
- US EPA 1997. HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables);

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	4 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- OMS 1993. Drinking Water Quality Guidelines;
- Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group, 1996;
- NCEA (National Center for Environmental Assessment), US EPA;
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999;
- McClure, 1966. Evaluation of a Component-Based Relative Potency Approach to Cancer Risk Assessment for Exposure to PAHs. Poster Presented at the Annual Meeting of the Society of Toxicology, Anaheim, California, March 11, 1996;
- US EPA 1997. TRI (Toxics Release Inventory);
- Californian EPA Office of Environmental Health Hazard Assessment;
- Criteria for Carcinogens 11, 1994;
- Risk Assessment Program – Superfund;
- Allegato 7 al D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 e s.m.i. - Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.

La procedura di Analisi di Rischio per la Salute Umana e per l'Ambiente (EHHRA) descritta nel documento procede nella quantificazione del rischio cancerogeno (Cancer Risk o CR) e del pericolo tossico (Hazard Quotient o HQ) determinato dai potenziali rilasci di percolato dal corpo di discarica.

La quantificazione del rischio secondo la metodologia RBCA viene condotta utilizzando il Software Risk-Net.

Il software Risk-Net è indicato come uno dei software di riferimento per l'analisi di rischio di secondo livello dalle linee guida ISPRA citate in precedenza.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	5 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2. ANALISI DI RISCHIO RBCA TIER II

In questo paragrafo sono descritte le diverse fasi della procedura di RBCA Tier II per la discarica di rifiuti non pericolosi ubicata nel comune di Galliera, prendendo in considerazione le linee guida ISPRA (2) e ISPRA (1) (ISPRA 2005, ISPRA 2008).

L'analisi di rischio (ADR) viene di seguito condotta sulla base dei valori limite di concentrazione nel percolato definiti per l'accettabilità di rifiuti non pericolosi (Tab. 5 Allegato 4 al D.lgs. n. 36/2003 e s.m.i.) e pericolosi stabili non reattivi in discariche per rifiuti non pericolosi (Tab. 5a Allegato 4 al D.lgs. n. 36/2003 e s.m.i.)

Si precisa che vengono richieste deroghe rispetto ai limiti definiti nelle Tabelle 5 e 5a dell'Allegato 4 del D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. per alcuni rifiuti e per alcuni parametri, in particolare metalli.

Scopo della presente ADR è quello di verificare se i rischi sanitari ed ambientali incrementali determinati dalla potenziale contaminazione della falda nei pressi della discarica siano accettabili per i recettori, che si individuano sia nella risorsa idrica sia in un lavoratore che potenzialmente potrebbe inalare gas e vapori o ingerire accidentalmente acqua contaminata.

2.1. DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il primo step di un'Analisi di Rischio è rappresentato dalla definizione del modello concettuale.

Il modello concettuale del sito (CSM) non è altro che una rappresentazione semplificata che descrive in modo chiaro e sintetico la situazione della contaminazione in esame e tutte le caratteristiche necessarie per la procedura di valutazione del rischio.

In un'analisi di rischio di secondo livello il modello concettuale, sebbene sia sempre una semplificazione della realtà, è sviluppato in modo da rappresentare, mediante ipotesi semplificate e conservative, le condizioni sito specifiche e deve essere idoneo per descrivere e simulare il trasporto dei contaminanti mediante modelli di tipo analitico.

Il CSM comprende quindi la descrizione del sistema:

discarica (sorgente) – acquifero/atmosfera (trasporto) – recettori (pozzi, residenti, lavoratori).

Nel modello concettuale sono definite:

- le sorgenti di contaminazione che possono essere la falda o il suolo contaminato,
- l'ubicazione delle potenziali sorgenti di rilascio degli inquinanti;

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	6 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- i percorsi di migrazione dei contaminanti (dispersione atmosferica, volatilizzazione, percolamento, lisciviazione, ruscellamento);
- i soggetti recettori, potenzialmente esposti all'azione del contaminante.

È possibile rappresentare graficamente il legame tra i dati necessari per la costruzione del CSM nel modo seguente:

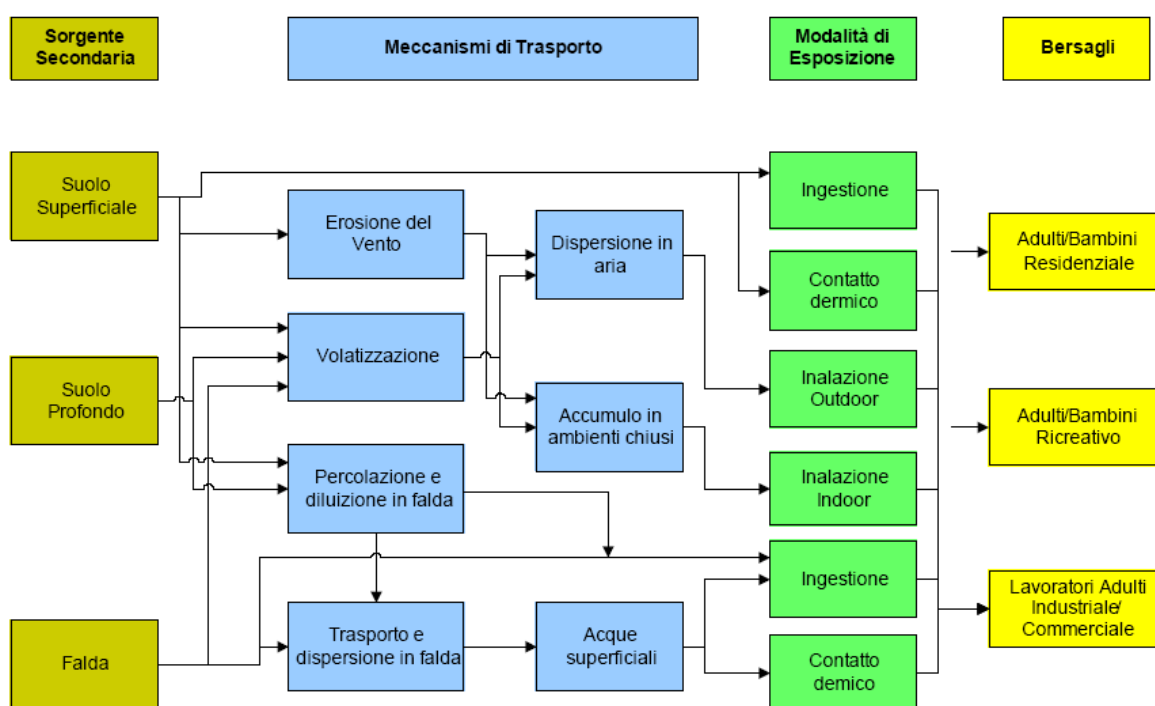


Figura 1 – Modello Concettuale (ISPRA 2006)

L'individuazione dei possibili soggetti recettori e delle vie di esposizione deve tener conto dell'uso attuale del suolo, come anche delle future destinazioni, essendo, il fenomeno di rilascio di contaminanti da una sorgente inquinante, un fenomeno di tipo dinamico.

Una volta individuati i soggetti recettori e le possibili vie di esposizione, il modello concettuale richiede di definire tutte le vie (o percorsi) di effettiva migrazione, attraverso la quale gli inquinanti possono raggiungere i punti di esposizione.

I percorsi di trasporto dei contaminanti interessati da uno studio di analisi di rischio possono essere sintetizzati nei seguenti: acque sotterranee, acque superficiali, aria, suolo e catena alimentare.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	7 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In funzione del particolare contesto ambientale in cui il sito si colloca, non necessariamente tutti i percorsi risultano di fatto attivi. Va osservato che lo scenario acque sotterranee-ingestione di acqua potabile si presenta, nella maggioranza dei casi, come quello di maggior gravità, allor quando siano presenti rilasci di sostanze inquinanti mobili.

L'esecuzione di una dettagliata valutazione del rischio, estesa a tutte le sostanze chimiche comunque rinvenute su un'area potenzialmente contaminata, richiederebbe un processo di elaborazione dei dati molto oneroso, complicando inutilmente i risultati della valutazione.

Si ritiene pertanto opportuno focalizzare lo studio sui contaminanti indice, ovvero su un gruppo di sostanze che si stima possano essere ritenute le responsabili dell'impatto totale della sorgente inquinante, in termini di rischio tossico e cancerogeno.

La scelta dei contaminanti indice (COCs) del sito costituisce uno degli aspetti fondamentali di una metodica di valutazione del rischio, soprattutto quando la situazione di degrado nasce dalla contemporanea presenza di più specie chimiche.

Generalmente la scelta tiene conto dei seguenti fattori:

- superamento della concentrazione limite accettabile definita dalla normativa vigente in una o più delle matrici interessate del fenomeno di inquinamento;
- superamento dei valori di fondo naturali;
- presenza, in una o più delle matrici ambientali, di sostanze direttamente collegabili all'attività svolta sul sito;
- livello di tossicità;
- grado di mobilità e persistenza.

La costruzione del modello concettuale richiede la raccolta e l'analisi di tutti i dati e gli studi disponibili per la discarica e nel caso siano necessarie la programmazione di piani di monitoraggio ed investigazione specifici.

L'identificazione delle potenziali sorgenti in grado di rilasciare nei diversi media ambientali composti chimici con caratteristiche tossiche e cancerogene e di determinare un rischio per la salute umana dei recettori esposti è una fase cruciale nella definizione del modello concettuale.

Ai fini della presente ADR si considera come sorgente primaria il percolato generato dalla discarica, che potenzialmente può contaminare il suolo sotterraneo e percolare in profondità e quindi contaminare la falda acquifera.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	8 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2.2. CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE

Nell'ambito dell'analisi di rischio occorre distinguere tra sorgente primaria, ovvero l'elemento che determina il rilascio (es. serbatoio), e la sorgente secondaria ovvero il comparto ambientale oggetto della contaminazione (insaturo, saturo, aria, etc.).

In accordo con gli standard internazionali l'analisi di rischio va applicata caratterizzando esclusivamente la sorgente secondaria, pertanto, tutti i parametri della sorgente si riferiscono al comparto ambientale soggetto alla contaminazione.

Tuttavia, nel caso specifico delle discariche occorre per potere caratterizzare i parametri dei media ambientali interessati, in questo caso suolo profondo e falda acquifera, occorre disporre di dettagliate informazioni circa la sorgente primaria, ossia la discarica.

L'analisi di rischio relativa al secondo stralcio della discarica esistente viene condotta ipotizzando come sorgenti secondarie l'emissione di contaminanti nel suolo superficiale e la loro potenziale percolazione in falda associati al percolato prodotto dalla sorgente primaria rappresentata dal corpo della discarica.

Nella Figura 2 si riporta la schematizzazione del MCS relativo alla presenza di una sorgente di contaminazione nel suolo profondo.

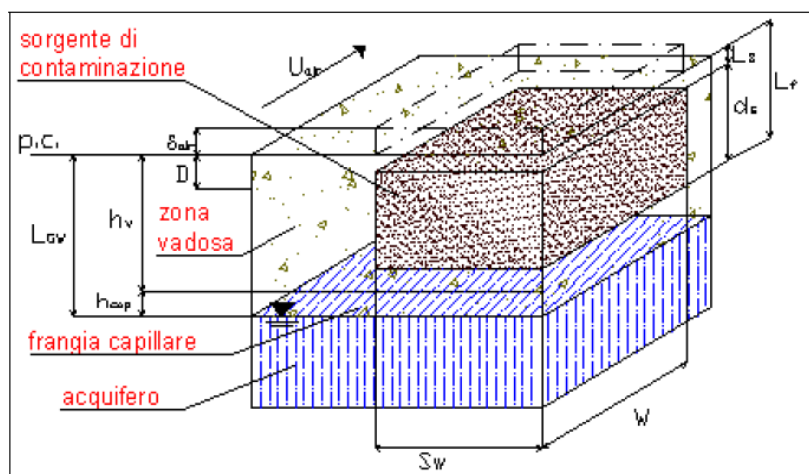


Figura 2 – Modello Concettuale MCS

Tutti gli elementi geometrici e fisici del modello concettuale verranno di seguito discussi.

2.2.1. Inquadramento Territoriale

Il sito che ospita il secondo stralcio in progetto della discarica di Galliera, oggetto della presente analisi di rischio, è localizzato nel territorio comunale di Galliera (BO).

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	9 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il sito di intervento, compreso tra Strada Provinciale Basso Reno a sud, Via Francesco d'Assisi a est, scolo Riolo a Nord ricade interamente all'interno di un'area di forma regolare attualmente occupata da alberature oggetto di piantumazione da parte del Gestore in attuazione del Piano di ripristino della discarica esistente.

Il territorio circostante è costituito in prevalenza da zone agricole nelle quali è possibile individuare i seguenti centri abitati:

- Malalbergo, a circa 3.5 km di distanza, in direzione sud-est;
- San Vincenzo a circa 4 km di distanza, in direzione ovest;
- San Venanzio di Galliera a circa 4 km di distanza, in direzione ovest;
- Poggio Renatico a circa 3 km di distanza, in direzione nord.

L'area dell'ampliamento della discarica di Galliera è collocata all'interno di un territorio caratterizzato principalmente da terreni ad uso agricolo, case sparse a bassa densità abitativa.

2.2.2. Quantità e tipologia dei rifiuti smaltiti

La configurazione finale del progetto del Secondo Stralcio, di cui agli elaborati grafici del Progetto Definitivo, consente l'abbancamento di rifiuti a smaltimento per una capacità netta di 742.000 m³, pari a circa 1.261.400 t di rifiuti.

La quota massima di abbandono (27 m s.l.m.) è tale che la quota finale, dopo la realizzazione della copertura superficiale definitiva, non supererà la quota massima della discarica in gestione post – operativa (29 m s.l.m.).

Di seguito si riportano i principali dati di progetto relativi alla realizzazione del Secondo Stralcio della discarica esistente.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	10 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametro	UdM	Valore
Volumetria (rifiuti + materiali tecnici)	m ³	747.000
Volume utile per abbancamento rifiuti	m ³	742.000
Volume stimato per i materiali inerti (non rifiuto)	m ³	5.000
Area fondo di discarica	m ²	58.550
area di sedime corpo discarica (superficie interna alla testa dell'argine perimetrale di valle)	m ²	67.838
Area recintata	m ²	149.270
Quota massima di abbandono dei rifiuti	m slm	27
Quota massima di scavo (dal piano campagna)	m	- 0,5
Flusso conferimenti	t/anno	100.000
Vita utile stimata	Anni	12,6

Tabella 1 – Dati di progetto relativi alla realizzazione del Secondo Stralcio di discarica

All'interno del secondo stralcio in esame si prevede lo smaltimento di

- rifiuti non pericolosi, per i quali si applicano, in via generale, i criteri di ammissibilità definiti al comma 4 dell'art. 7-quinquies del D.Lgs. 36/2003;
- rifiuti pericolosi stabili e non reattivi, per i quali si applicano, in via generale, i criteri di ammissibilità definiti al comma 5 dell'art. 7-quinquies del D.Lgs. 36/2003;

Il D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. prevede la possibilità di autorizzare sottocategorie di discarica per rifiuti non pericolosi secondo quanto indicato all'art. 7-sexies: il Secondo Stralcio della discarica in progetto si configura come stralcio di **discarica per rifiuti non pericolosi** e, ai sensi dell'art. 7-sexies dello stesso D.Lgs. 36/2003, come sottocategoria di cui al comma 1, lettera a) “*discariche per rifiuti inorganici a basso contenuto organico o biodegradabile*”.

Per tali sottocategorie i criteri di ammissibilità “... sono individuati dalle autorità territorialmente competenti in sede di rilascio dell'autorizzazione. I criteri sono stabiliti, caso per caso, in base alla tipologia di sottocategoria, tenendo conto delle caratteristiche dei rifiuti, della valutazione di rischio con riguardo alle emissioni della discarica e dell'idoneità del sito e prevedendo deroghe per specifici parametri, secondo le modalità di cui all'Allegato 7. Le autorizzazioni, motivando adeguatamente, ammettono nelle sottocategorie di discariche anche rifiuti caratterizzati da parametri DOC e TDS diversi da quelli della tabella 5 dell'Allegato 4, nei limiti indicati dalla procedura di valutazione del rischio di cui all'Allegato 7”.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	11 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Le previsioni del citato D. Lgs. 36/2003, con articolazione in sottocategorie, includono la possibilità di prevedere deroghe ad ogni singolo parametro per il conferimento in discarica per rifiuti non pericolosi, secondo appunto valutazioni da svolgere caso per caso.

Con la presente Analisi di Rischio si supporta la richiesta di regime derogatorio previsto dall'art. 7-sexies, richiedendo le seguenti deroghe ai limiti fissati dalla Tab. 5 e dalla Tab. 5a dell'Allegato 4 al D. Lgs. 36/2003 e s.m.i.

Per gli altri rifiuti da smaltire si applicherà quanto previsto dal D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

In conformità alla nota (***) alle Tabelle 5 e 5a, il Gestore opta di servirsi del valore del TDS (Solidi disciolti totali) quale parametro sostitutivo dei valori per i solfati e per i cloruri.

Parametro	Limiti concentrazione eluato per accettabilità Tab. 5 All. 4 al D.lgs. n. 36/2003 e s.m.i. L/S=10 l/kg (mg/l)	020110 020402	19 01 12	19 03 05	19 02 06	19 08 14	17 05 06
		Massima concentrazione richiesta in deroga (mg/l)					
As	0,2	-	-	0,6	0,6	0,6	-
Ba	10	-	-	30	30	30	-
Cd	0,1	-	-	0,3	0,3	0,3	-
Cr totale	1	-	-	3	3	3	-
Cu	5	-	-	15	15	15	-
Hg	0,02	-	-	0,06	0,06	0,06	-
Mo	1	-	-	3	3	3	-
Ni	1	-	-	3	3	3	-
Pb	1	-	11	3	3	3	-
Sb	0,07	-	-	0,21	0,21	0,21	-
Se	0,05	-	-	0,15	0,15	0,15	-
Zn	5	-	-	15	15	15	-
Fluoruri	15	-	-	-	-	-	-
DOC	100	4.000	-	2.000	2.000	2.000	-
TDS (*)	10.000	-	-	18.000	18.000	18.000	18.000
(*) quale parametro sostitutivo di cloruri e solfati così come indicato nell'Allegato 4 al D.lgs. n. 36/2003							

Tabella 2 – Deroghe previste per l'accettabilità di rifiuti non pericolosi

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	12 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametro	Limiti concentrazione eluato per accettabilità Tab. 5a All. 4 al D.lgs. n. 36/2003 e s.m.i. L/S=10 l/kg [mg/l]	17 05 03*	19 13 01*	17 09 03*	19 01 11*	19 03 04*	19 02 05*	19 08 13*
		Massima concentrazione richiesta in deroga (mg/l)						
As	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ba	10	30	30	30	30	30	30	30
Cd	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cr totale	1	3	3	3	3	3	3	3
Cu	5	15	15	15	15	15	15	15
Hg	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mo	1	3	3	3	3	3	3	3
Ni	1	3	3	3	3	3	3	3
Pb	1	3	3	3	3	3	3	3
Sb	0,07	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Se	0,05	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Zn	5	15	15	15	15	15	15	15
Fluoruri	15	-	-	-	-	-	-	-
DOC	80	200	200	-	-	500	500	500
TDS (*)	6.000	-	-	-	-	60.000	-	-
(*) quale parametro sostitutivo di cloruri e solfati così come indicato nell'Allegato 4 al D.lgs. n. 36/2003								

Tabella 3 - Deroghe previste per l'accettabilità di rifiuti pericolosi stabili non reattivi in discariche per rifiuti non pericolosi

2.2.3. Sistema di gestione del percolato

Durante la fase di coltivazione il corpo discarica genera percolato, ossia un rifiuto liquido definito dal D.Lgs. 121/2020 come *“qualsiasi liquido che si origina prevalentemente dall'infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti o dalla decomposizione degli stessi e che sia emesso da una discarica o contenuto all'interno di essa”*.

In linea teorica il percolato dovrebbe cominciare ad accumularsi sul fondo della discarica solo una volta che i rifiuti abbiano raggiunto la capacità di campo, siano cioè saturi d'acqua e abbiano raggiunto un grado di umidità tale per cui ogni ulteriore apporto idrico prosegue il suo moto attraversandoli senza variazioni quantitative.

A causa dell'esistenza di cammini preferenziali e della disomogeneità dell'ammasso dei rifiuti, si possono generare situazioni locali di saturazione e conseguentemente una produzione di percolato nonostante non sia stata raggiunta la capacità di campo in tutto l'ammasso.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	13 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In merito alle misure per prevenire l'infiltrazione d'acqua all'interno delle vasche ed alla conseguente formazione di percolato, si individua la combinazione di diversi sistemi progettuali:

- un pacchetto di fondo garante della impermeabilità e della funzionalità dello stesso in ragione delle caratteristiche geomeccaniche del terreno di imposta e delle impermeabilizzazioni adottate;
- un pacchetto di copertura sia provvisorio (teli LDPE), sia finale tale da minimizzare le infiltrazioni verso il corpo dei rifiuti.

Per quanto riguarda il sistema di captazione del percolato, nel nuovo stralcio in progetto, l'area di fondo è suddivisa in sei bacini di coltivazione, separati da arginelli in argilla di altezza pari a 2 m, posti sopra una geomembrana in HDPE (Figura 3).

Gli arginelli, rivestiti con geomembrana in HDPE, assicurano l'impermeabilità delle singole aree. Questa suddivisione garantisce una compartimentazione idraulica tra i settori.

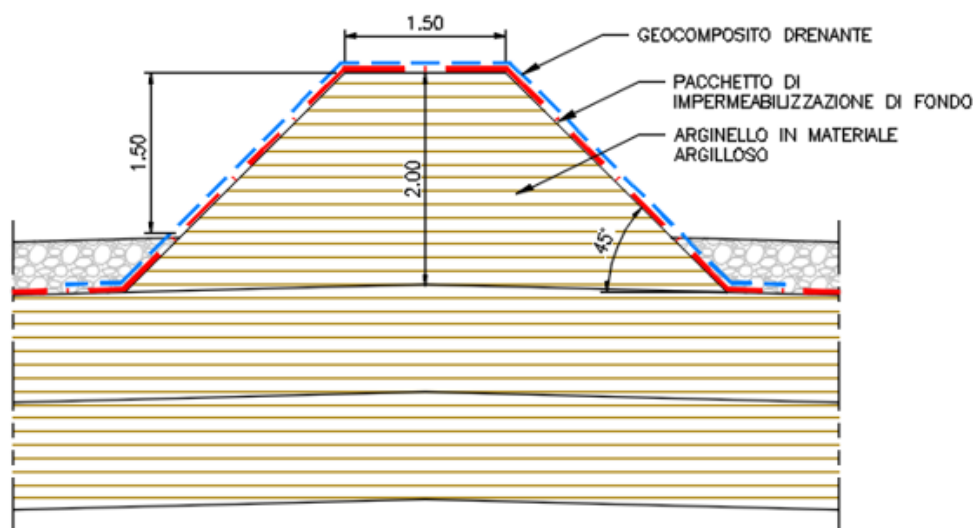


Figura 3 - Arginelli per la divisione del fondo in settori di coltivazione

Ciascun settore presenta una conformazione del fondo sagomata per favorire il deflusso dei liquidi:

- pendenza del 2% dagli arginelli laterali verso l'asse mediano.
- pendenza dell'1,5% dall'arginello di estremità verso l'argine perimetrale della discarica.

Questa configurazione consente al percolato di confluire per gravità verso il punto mediano del settore, dove è posizionato un pozzo di captazione e sollevamento (*slope riser*), adiacente alla parete perimetrale.

Il sistema di drenaggio del percolato per ciascun settore è composto da:

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	14 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- un collettore principale (indicato con linea verde continua in Figura 4), costituito da tubazioni macrofessurate in HDPE, alloggiate in un bauletto di materiale inerte drenante a bassa componente calcarea. Questo sistema completa lo strato di materiale granulare di fondo, garantendo il drenaggio del percolato;
- collettori secondari (indicati con linea verde tratteggiata in Figura 14), disposti in modo diagonale rispetto all'asse mediano (configurazione "a spina di pesce"), con un interasse tipico di 20 m. Realizzati con tubazioni macrofessurate in HDPE, questi collettori confluiscono nel collettore principale, ottimizzando il sistema di raccolta del percolato in ciascun settore.

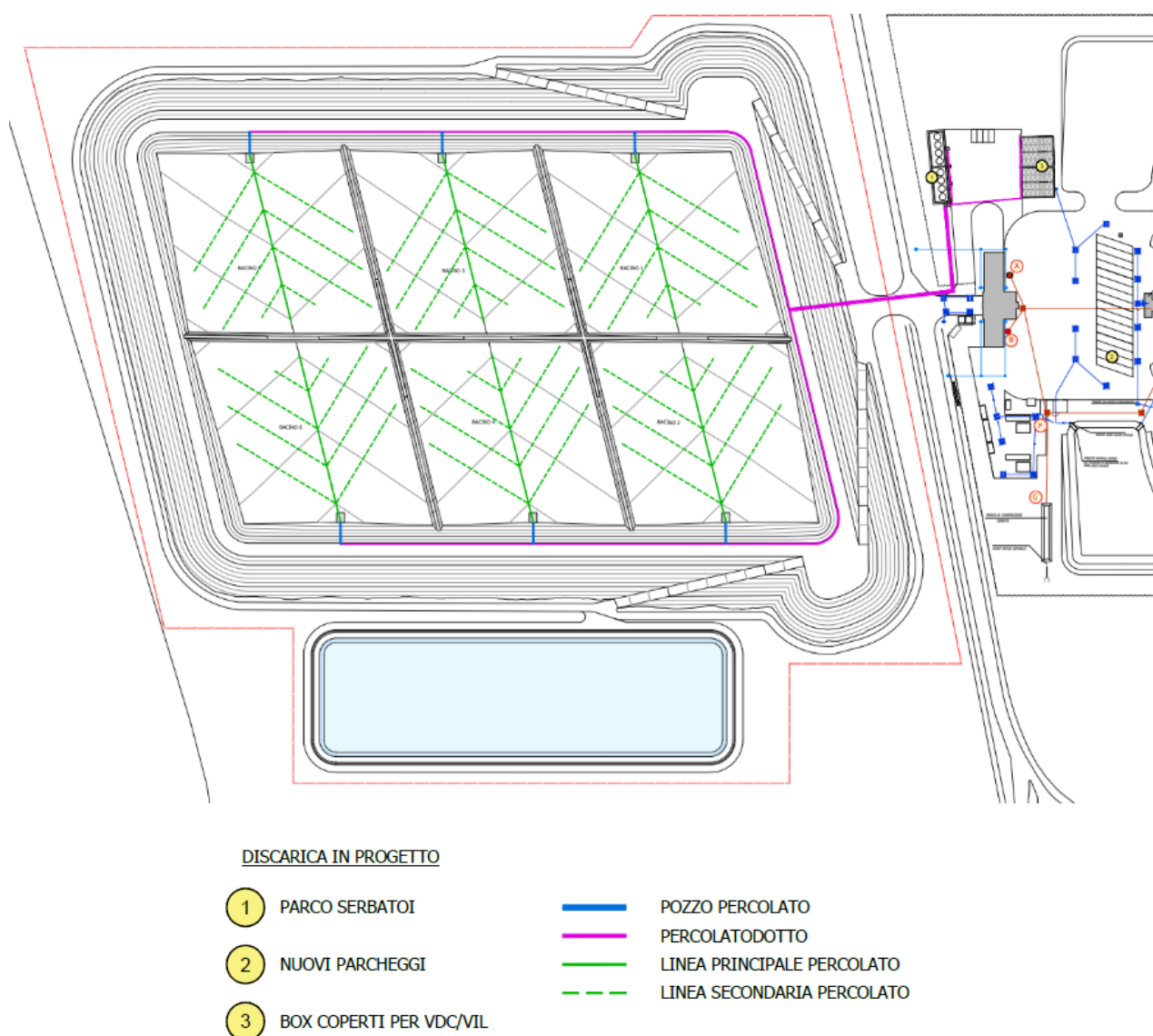
Il pozzo di raccolta previsto è costituito da una tubazione in acciaio zincato con tratti fessurati alternati a tratti ciechi e dotati di una fondazione in calcestruzzo armato, con la funzione di camicia per la protezione meccanica da schiacciamento della tubazione interna dello *slope riser*, anch'essa fessurata e realizzata in HDPE.

All'interno di ciascun pozzo è installata una pompa sommersa per il sollevamento del percolato fino alla quota di testa pozzo attraverso una tubazione in HDPE.

Il percolato sollevato, contabilizzato mediante misuratore di portata installato sulla linea, è recapitato alla base dell'argine; da qui, per mezzo di tubazioni interrate in HDPE protette da una tubazione in PE corrugato, attraverso innesti con valvole di non ritorno e valvole a saracinesca, è raccolto in un percolatodotto (in viola in Figura 4) costituito da una tubazione in HDPE alloggiato all'interno di una tubazione camicia anch'essa in HDPE, dal quale viene inviato alla stazione di sollevamento posta al piede del parco serbatoi in progetto (indicata con il numero 1 in Figura 4), presso l'area impiantistica all'interno del perimetro della discarica esistente in gestione post operativa.

Lungo il percolatodotto, a controllo della tenuta del sistema di tubazioni, sono previsti pozzetti di ispezione di linea con sistema di tenuta per controllare eventuali perdite delle tubazioni.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	15 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



DISCARICA IN PROGETTO

- | | | | |
|---|-------------------------|-----|----------------------------|
| 1 | PARCO SERBATOI | — | POZZO PERCOLATO |
| 2 | NUOVI PARCHEGGI | — | PERCOLATODOTTO |
| 3 | BOX COPERTI PER VDC/VIL | --- | LINEA PRINCIPALE PERCOLATO |
| | | --- | LINEA SECONDARIA PERCOLATO |

Figura 4 – Planimetria rete di drenaggio percolato
[Stralcio Elaborato cod. doc DS 03 BO VA 01 D1 PL 24.00 – vol.1]

Il parco serbatoi in progetto è dimensionato per accumulare la produzione attesa in una settimana con adeguato margine di sicurezza, è costituito da 8 serbatoi ad asse verticale in vetroresina da 80 m³ ciascuno, per una capacità complessiva di 640 m³.

I serbatoi saranno contenuti in un bacino in calcestruzzo armato il cui volume interno, al netto dei serbatoi, sia pari almeno al valore più grande tra il volume di un singolo serbatoio e 1/3 della capacità complessiva dei serbatoi contenuti.

I serbatoi sono dotati di prese di carico per l'allaccio delle autocisterne per l'invio su gomma agli impianti di trattamento finale. La configurazione dei presidi si osserva nella figura seguente.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	16 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

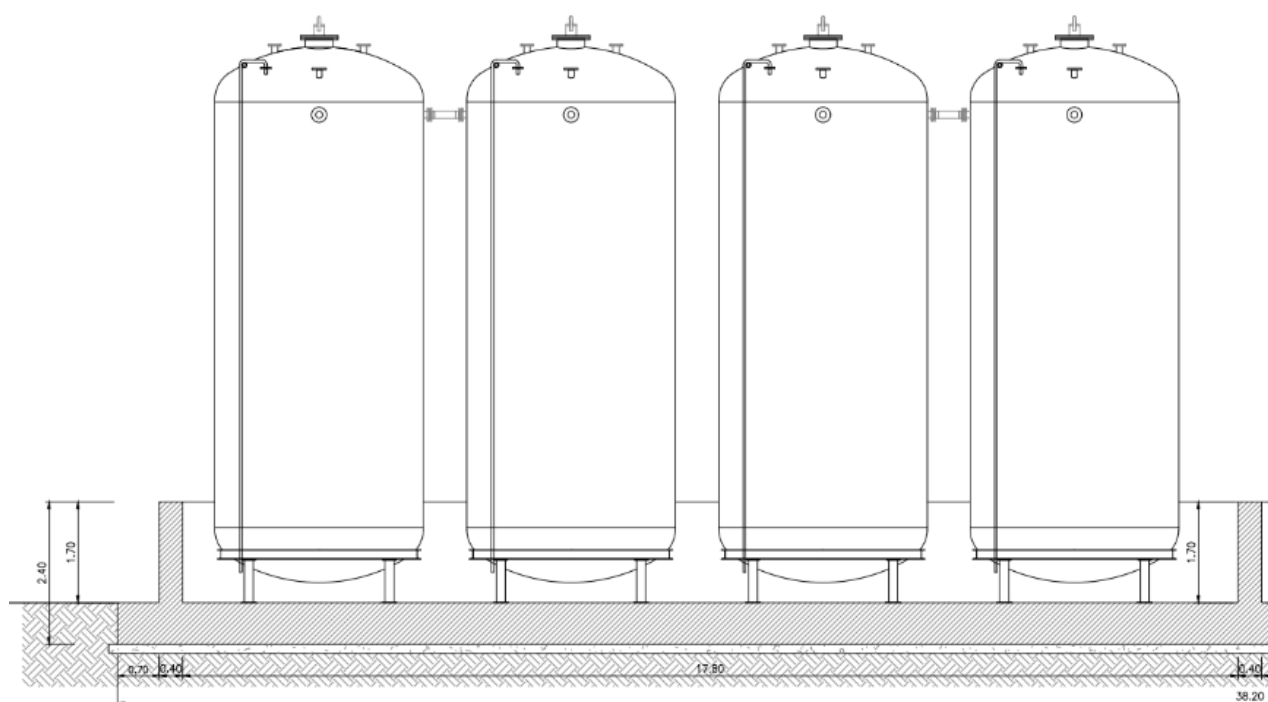
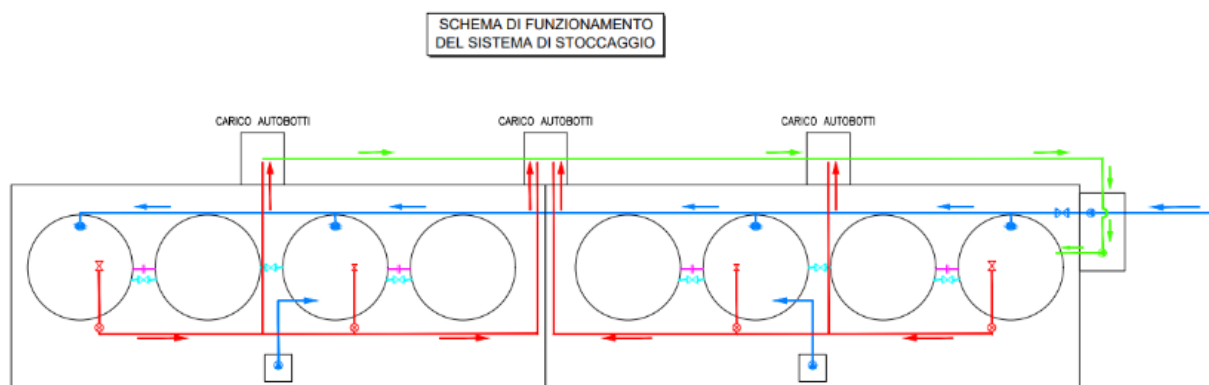


Figura 5 – Vista in sezione dei nuovi serbatoi percolato
[Stralcio Elaborato cod. doc. DS 03 BO VA 01 D1 PL 28.00 – vol.1]



SCHEMA DI GESTIONE DEL PERCOLATO

I GALLEGGIANTI POSTI NEL SERBATOIO DI CIASCUNA LINEA, AL RAGGIUNGIMENTO DEL LIVELLO MASSIMO, CHIUDONO LA VALVOLA DELLA RISPETTIVA LINEA E DETERMINANO L'APERTURA DELLA VALVOLA DELLA LINEA SUCCESSIVA

– LINEE DI CARICO – SCARICO PERCOLATO

— LINEE DI IMMISSIONE DEL PERCOLATO NEI SERBATOI

— LINEE DI SCARICO DEL PERCOLATO DAI SERBATOI

– VALVOLE

☒ VALVOLA A SFERA AZIONABILE MANUALMENTE

☒ ELETTROVALVOLE A SFERA COMANDABILI DA REMOTO

⊕ ELETTROVALVOLE COLLEGATE AI GALLEGGIANTI DEI SERBATOI

– TUBAZIONI IN HDPE

— TUBAZIONI DI IMMISSIONE DEL PERCOLATO NEI SERBATOI

— TUBAZIONE DI TROPPO-PIENO PER COLLEGAMENTO SERBATOI IN SERIE

— TUBAZIONE CON VALVOLA PER COLLEGAMENTO SERBATOI IN PARALLELO

— LINEE DI SCARICO VERSO GLI ATTACCHI DELL'AUTOSPURGO

— LINEE DI SCARICO DAL POZZETTO DI CARICO

NOTA

IL DIAMETRO DELLE TUBAZIONI DI TROPPO PIENO SARÀ DA VERIFICARE IN FASE DI INSTALLAZIONE

Così come per lo stralcio di discarica esistente in fase di gestione post operativa, il percolato sarà poi avviato, mediante trasporto su gomma, ad idoneo impianto di trattamento esterno.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	17 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2.2.4. Barriera di fondo e delle sponde

Il progetto prevede di impostare i settori di coltivazione in progetto a partire dalla quota di p.c. esistente. Dopo lo scotico, indispensabile in quanto l'area è attualmente occupata da vegetazione boschiva, la quota esistente sarà ripristinata, mediante riporto di un quantitativo di materiale a grana grossa (classi A1, A2 o A3) equivalente al volume scavato. Indicativamente, lo spessore di scotico è dell'ordine di 50 cm.

La barriera di protezione di fondo e delle sponde in progetto è conforme al requisito della norma vigente, ai sensi dell'allegato 1, punto 2.4.2 del D.Lgs. 121/2020 che modifica il D. Lgs. 36/2003, essendo composta da un sistema accoppiato costituito, partendo dal basso verso l'alto, da:

- barriera geologica;
- strato di impermeabilizzazione artificiale;
- strato di drenaggio.

A sua volta, mantenendosi conforme alla norma citata, il sistema di protezione si differenzia tra fondo e sponde come descritto di seguito.

2.2.4.1. Barriera di fondo

Sul sedime della discarica è presente una formazione argillosa sovra consolidata, talora intercalata da livelli di limo sabbioso/argilloso. In via del tutto cautelativa, non potendo garantire l'uniformità della permeabilità e dello spessore su tutta l'area interessata dall'intervento, non si farà affidamento su tale barriera geologica, che verrà integrata mediante uno strato formato con materiale argilloso di spessore minimo 1 m e conducibilità idraulica non maggiore di 1×10^{-9} m/s.

La barriera di fondo sarà poi completata con la barriera di impermeabilizzazione artificiale e lo strato di drenaggio previsti dalla norma.

In dettaglio, come illustrato in Figura 6, la barriera di fondo è costituita da un sistema che si compone di:

1. **barriera geologica**, formata da uno strato di materiale argilloso avente permeabilità $k \leq 10^{-9}$ m/s e spessore 1 m;
2. **strato di impermeabilizzazione artificiale**, formato da:
 - materiale minerale compattato (strato di materiale argilloso avente permeabilità $k \leq 10^{-9}$ m/s e spessore 1 m);
 - geocomposito bentonitico per integrazione della barriera geologica, di spessore minimo 6 mm e permeabilità $k \leq 1,1 \times 10^{-11}$ m/s;
 - geosintetico di impermeabilizzazione (geomembrana in HDPE di spessore

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	18 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

>2,5 mm), protetto superiormente con un geotessile tessuto non tessuto (TNT) di massa areica non inferiore a 1.200 g/m²;

3. **strato drenante**, formato da uno strato di materiale minerale di spessore >0,5 m e permeabilità $k \geq 10^{-5}$ m/s, a basso contenuto di carbonati.

Si evidenzia che il geocomposito bentonitico, impiegato come componente dello strato di impermeabilizzazione, non è specificato esplicitamente nel D. Lgs. 121/20, ma la sua applicazione offre un livello di protezione ambientale superiore rispetto ai requisiti minimi previsti dalla normativa.

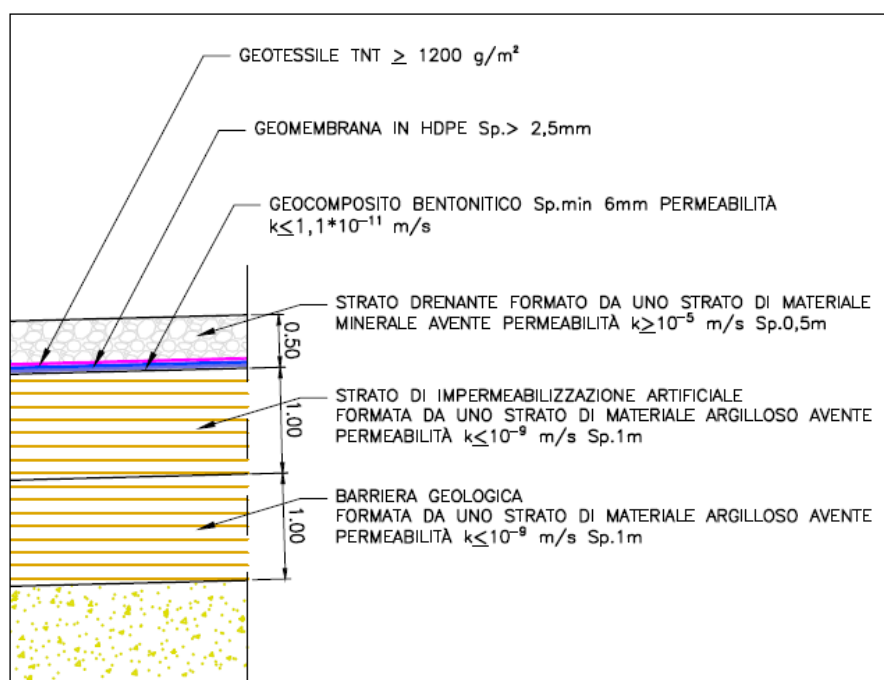


Figura 6 - Schema tipologico della barriera di fondo

2.2.4.2. Barriera delle sponde

La discarica è realizzata in elevazione rispetto al piano campagna circostante, pertanto i rifiuti conferiti saranno confinati all'interno del perimetro esterno mediante un argine che forma le sponde dell'invaso.

Il rivestimento della scarpata interna dell'argine rappresenta pertanto la barriera delle sponde dell'invaso in progetto. Il sistema proposto è così costituito (cfr. Figura 7):

1. **barriera geologica**, formata da uno strato di materiale argilloso avente permeabilità $k \leq 10^{-9}$ m/s e spessore 1 m.
2. **strato di impermeabilizzazione artificiale**, formato da:
 - materiale minerale compattato (strato di materiale argilloso avente permeabilità

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	19 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$k \leq 10^{-9}$ m/s e spessore 0,5 m);

- geocomposito bentonitico per integrazione della barriera geologica, di spessore minimo 6 mm e permeabilità $k \leq 1,1 \cdot 10^{-11}$ m/s;
- geosintetico di impermeabilizzazione (geomembrana in HDPE di spessore >2,5 mm), protetto superiormente con un geotessile in TNT di massa areica non inferiore a 1.200 g/m²;

3. **strato drenante**, formato da un materiale geosintetico (geocomposito drenante) con capacità drenante equivalente a quella di uno strato di materiale minerale di spessore >0,5 m e permeabilità $k \geq 10^{-5}$ m/s.

Per quanto riguarda lo strato di minerale compattato, si sottolinea che la riduzione di spessore è compensata dalla presenza del geocomposito bentonitico presente nella barriera artificiale, la cui permeabilità è tale che la barriera delle sponde fornisce, nel suo complesso, una protezione equivalente, in termini di tempo di attraversamento, a quella richiesta dal D. Lgs. 121/20.

La stessa norma, infatti, ammette che *“particolari soluzioni progettuali nel completamento della barriera geologica delle sponde potranno eccezionalmente essere adottate (...) a condizione che garantiscano comunque una protezione equivalente”*. Si rimanda al paragrafo specifico della Relazione tecnica generale (vol. 1, cod. doc. DS 03 BO VA 01 D1 RT 01.00) per la dimostrazione dell'equivalenza idraulica tra i due sistemi.

Inoltre, per quanto riguarda lo strato drenante, la norma prevede che, sulle sponde, questo possa essere sostituito da uno strato artificiale di spessore inferiore, purché garantisca una capacità drenante equivalente. Si rimanda al paragrafo specifico della Relazione tecnica generale (vol. 1, cod. doc. DS 03 BO VA 01 D1 RT 01.00 – vol.1) per la dimostrazione dell'equivalenza idraulica tra i due sistemi.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	20 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

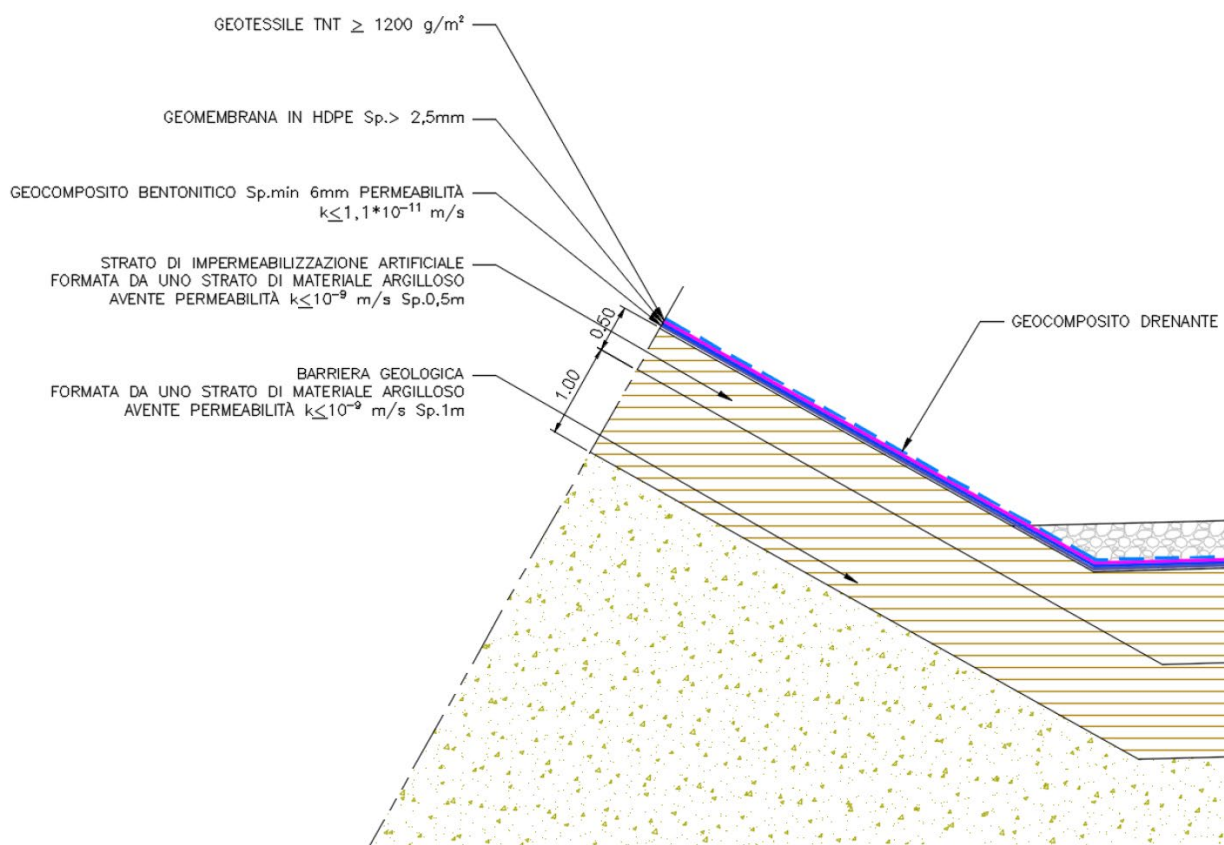


Figura 7 - Schema tipologico della barriera sulle sponde

Si sottolinea che il sistema proposto per le sponde, nel suo insieme - comprendente la barriera geologica, il sistema di impermeabilizzazione artificiale e lo strato drenante - garantisce una protezione equivalente a quella prevista dal D. Lgs. 121/20.

Inoltre, questa soluzione consente una posa in opera più rapida e agevole, assicurando al contempo una maggiore uniformità prestazionale della barriera.

2.3. IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI POTENZIALI CHEMICAL OF CONCERNS (COCS)

L'identificazione dei Chemical of Concerns (COCs) rappresenta una fase cruciale dell'approccio risk-based poiché comporta la definizione di tutti i potenziali composti chimici presenti nel sito contaminato che possono avere caratteristiche tossiche o cancerogene.

Ai fini dell'applicazione della metodologia EHHRA si distinguono due classi di COCs sulla base delle proprietà tossicologiche:

- Sostanze Tossiche;
- Sostanze Cancerogene.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	21 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Per quanto riguarda le sostanze tossiche va sottolineato che ciascun individuo può ben tollerare l'esposizione in un intervallo che va da zero sino ad un valore finito di SOGLIA della dose assorbita senza subire danni alla salute. Il valore di SOGLIA dipende dal tipo di composto e varia da soggetto a soggetto a seconda della sensibilità.

In generale si osserva come le sostanze tossiche (non vale per le cancerogene) non determinano nessun effetto se la loro concentrazione è inferiore ad un livello di soglia (NOEL No Observed Effect Level, LOAEL lowest observed adverse effect levels).

Un significato importante riveste invece l'RfD (Reference Dose), che è la stima del livello di esposizione giornaliera per la popolazione umana che non comporta rischi apprezzabili, essa viene stimata mediante la seguente espressione:

$$RfD(\frac{mg}{kg} - BW * day) = \frac{NOAEL}{UF * MF} \text{ or } \frac{LOAEL}{UF * MF}$$

Dove BW (Body Weight) Peso Corporeo, UF (Uncertainty Factor) ed MF (Modifying Factor) sono fattori di incertezza relativamente all'estrapolazione dei dati dall'animale all'uomo ed alle incertezze legate agli studi tossicologici.

Per quanto riguarda le sostanze cancerogene, si utilizza la classificazione USEPA basata su una "metodologia a tre passi" del grado di potenza cancerogena delle sostanze (cioè basata sulla valutazione di tre livelli di dosaggio dell'agente cancerogeno studiato).

Gruppo	Descrizione	Esempio
A	Cancerogeno per l'uomo, con sufficiente evidenza da studi epidemiologici	Benzene
B1 o B2	Probabile cancerogeno per l'uomo: B1-con limitate evidenze da studi epidemiologici; B2-con sufficiente evidenza da studi su animali e non adeguata evidenza o in assenza di dati da studi epidemiologici	Benzo(a)pirene
C	Possibile cancerogeno per l'uomo, con limitate evidenze da studi su animali in assenza di studi sull'uomo	PCE
D	Non classificabile come cancerogeno per l'uomo, in possesso di inadeguate evidenze sull'uomo e sugli animali	Etilbenzene Toluene Xileni
E	Evidenze di non cancerogenicità per l'uomo.	

Per le sostanze cancerogene, a differenza delle tossiche, non esiste una SOGLIA al di sotto della quale un'esposizione anche prolungata non comporta effetti (avversi) sulla salute; in questo caso la relazione dose-effetto si manifesta a qualsiasi concentrazione.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	22 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In pratica si può dire che non esiste una dose soglia; se la dose è maggiore di zero (anche piccolissima) allora vi è una risposta sulla salute dell'organismo.

La relazione dose-risposta non è facilmente ottenibile da studi epidemiologici sull'uomo, mentre la si può ricavare da studi su roditori, pianificati a tre dosaggi, il più elevato dei quali è la dose massima tollerabile dall'animale.

La relazione dose-risposta si ottiene pertanto per estrapolazione dai risultati ottenuti da studi tossicologici sugli animali da cavia, dalle alte dosi somministrate alle basse dosi dell'esposizione ambientale per l'uomo.

Per la definizione del Percolato Virtuale, ossia del percolato da considerare ai fini della presente AdR, si è proceduto alla caratterizzazione delle principali emissioni della discarica (percolato, in questo caso, dato che per la tipologia di rifiuti che si prevede di smaltire non è attesa la produzione di biogas) in coerenza con quanto prescritto dall'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2001 e s.m.i.

Per la valutazione si è quindi proceduto ad elaborare stime a partire da dati misurati rappresentativi di discariche caratterizzate da analoghe condizioni di gestione, basandosi quindi su dati derivanti dall'esecuzione del Piano di monitoraggio e controllo di una discarica del gestore simile per tipologia di rifiuti smaltiti e condizioni di deroga.

Le concentrazioni CL_0 delle sostanze di interesse (COCs) rilevate nel percolato della citata discarica nel periodo 2015 – 2025 sono state elaborate in coerenza con quanto riportato al § 4.3 del documento “*Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche*” (Rev.0 Giugno 2005).

I passi seguiti per la definizione di CL_0 sono stati, quindi:

- *effettuare una accurata valutazione dei dati*, in grado di stabilire l'applicabilità di criteri statistici sui valori di concentrazione determinati analiticamente nei campioni di percolato.

In particolare, è necessario:

1 *esaminare l'ampiezza del data-set.*

Per ogni data-set, il numero di dati a disposizione non può essere inferiore a 10. Al di sotto di tale soglia, non essendo possibile effettuare alcuna stima statistica attendibile e in accordo con il principio di massima conservatività, si pone la concentrazione rappresentativa alla sorgente coincidente con il valore di concentrazione massimo determinato analiticamente;

2 *identificare gli outlier e distinguere i “veri outlier” dai “falsi outlier”.*

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	23 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

I “veri outlier” possono derivare da errori di trascrizione, di codifica dei dati o da una qualsiasi inefficienza degli strumenti del sistema di rilevazione dei dati. I “falsi outlier” sono quei valori estremi reali, che, in genere, corrispondono a valori di picco (hot-spot) locali o temporali. È dunque necessario identificare e differenziare i tipi di outlier, in modo da rimuovere i primi e mantenere i secondi.

Poiché il data-set a disposizione è stato già validato si esclude automaticamente la presenza di veri outlier. Si ritiene opportuno sottolineare che è di fondamentale importanza tener conto e quindi non rimuovere i “falsi outlier” dal data set;

- 3 *identificare i “Non-Detect”, i quali corrispondono a quelle concentrazioni realmente o virtualmente pari a zero, o comunque maggiori di zero, ma al di sotto delle possibilità di misurazione della strumentazione di laboratorio seguendo il principio di cautela, si è posto, in ogni caso e quindi in corrispondenza a qualsiasi distribuzione dell’insieme dei dati, i Non-Detect pari al corrispondente Detection Limit o limite di rilevazione (ND = DL);*
- *individuare la distribuzione di probabilità che approssimi meglio l’insieme dei dati disponibili.*

Una volta individuata la distribuzione di probabilità delle concentrazioni iniziali degli inquinanti indicatori, selezionati tra le specie presenti nel percolato, si possono considerare diverse alternative.

In questo caso si è optato per l’individuazione di un unico valore rappresentativo della CL_0 che, secondo quanto indicato nella procedura di analisi di rischio per i siti contaminati, corrisponde all’UCL della media.

Tale valore di UCL viene determinato impiegando la procedura statistica più appropriata a seconda del tipo di distribuzione individuata per il data-set. Per tale procedura statistica da applicare è stato utilizzato il software ProUCL ver 5.2.

Nei casi in cui, a causa di un ridotto insieme di dati e/o di una grande varianza degli stessi, l’UCL, calcolato assuma valori superiori alla concentrazione massima del data set (CL_{max}), si è posto $CL_0 = CL_{max}$.

Definito così il CL_0 , per la definizione del CL_{COC} si è assunto il massimo tra CL_0 ed il massimo valore ora richiesto in deroga CL_{Deroga} , ove presente (si vedano Tabella 2 e Tabella 3): $CL_{COC} = \max [CL_0; CL_{Deroga}]$.

Per quanto riguarda il parametro Piombo, poiché il massimo valore richiesto in deroga (11 mg/l) è relativo ad un solo rifiuto (EER 190112), è stato ipotizzato che in discarica siano abbancati rifiuti

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	24 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

EER 190112 per il 10% del totale e rifiuti con deroga a 3 mg/l per il restante 90% del totale. Ne deriva una $CL_{COC} = (11 \text{ mg/l} \times 10 + 3 \text{ mg/l} \times 90)/100 = 3,80 \text{ mg/l}$.

Di seguito si riporta la tabella con i valori delle concentrazioni di COC (CL_{COC}) definiti come ora descritto.

Parametro	U.d.M	CL_{COC}
TDS	mg/l	60000
Azoto ammoniacale	mg/l (come NH_4)	124,1
Azoto nitrico (nitrati)	mg/l (come NO_3)	14,57
Azoto nitroso (nitriti)	mg/l (come NO_2)	1,52
Carbonio organico disciolto (DOC)	-	4000
Cianuri	mg/l	0.49
Fluoruri	mg/l	15
Alluminio	mg/l	19.85
Antimonio	mg/l	0.21
Arsenico	mg/l	0.60
Bario	mg/l	30
Boro	mg/l	0.64
Cadmio	mg/l	0.30
Cobalto	mg/l	0.06
Cromo totale	mg/l	3
Ferro	mg/l	1.06
Manganese	mg/l	0.30
Mercurio	mg/l	0.06
Molibdeno	mg/l	3.73
Nichel	mg/l	3
Piombo	mg/l	3.8
Rame	mg/l	15
Selenio	mg/l	0.15
Zinco	mg/l	15

Tabella 4 – Valori rappresentativi dei COC nel percolato

Le CSC sono definite come concentrazioni di soglia per i media ambientali e rappresentano delle soglie, che ove superate possono richiedere la necessità di procedere con una analisi di rischio ambientale.

Nella tabella che segue si riporta l'elenco dei composti chimici individuati come COCs unitamente al corrispondente valore delle CSC in falda, così come definite dal D.Lgs. 152/06.

Parametro	CSC Falda
	mg/L
Nitriti	5.00E-01
Ferro	2.00E-01
Manganese	5.00E-02

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	25 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametro	CSC Falda
	mg/L
Nichel	2.00E-02
Arsenico	1.00E-02
Boro	1.00E+00
Alluminio	2.00E-01
Antimonio	5.00E-03
Cadmio	5.00E-03
Cobalto	5.00E-02
Cromo totale	5.00E-02
Fluoruri	1.50E+00
Mercurio	1.00E-03
Piombo	1.00E-02
Selenio	1.00E-02
Zinco	3.00E+00
Rame	1.00E+00
Cianuri	5.00E-02

Tabella 5 – CSC per falda (Tabella 2 Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)

L'allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 riporta inoltre che per sostanze che non presentano limiti di riferimento normativi o per le quali non è stato stabilito dagli Enti di Controllo un valore di fondo si dovrà fare riferimento ai limiti proposti da ISS, ossia:

- Nel caso del parametro TDS si propone di utilizzare come riferimento il valore di 500 mg/l proposto da US EPA, che considera il parametro TDS come secondary drinking water standard (USEPA, IRIS, Integrated Risk Information System).
- Nel caso del parametro molibdeno si propone di utilizzare il limite di 50 µg/l previsto dalla normativa tedesca.
- Nel caso del parametro DOC si propone di utilizzare come riferimento il rapporto tra COD nell'eluato (chemicaloxygendemand) e DOC (dissolvedorganic carbon) di 3, confermato da molteplici evidenze sperimentali, e facendo riferimento al limite previsto per il COD per le acque superficiali destinate a essere utilizzate per la produzione di acqua potabile dopo i trattamenti appropriati (30 mg/l).

La conoscenza delle caratteristiche chimico-fisiche-tossicologiche dei COCs individuati è di fondamentale importanza al fine delle successive analisi sia di destino e trasporto (Fate and Transport) nei diversi media ambientali che per le quantificazioni del rischio cancerogeno e del pericolo tossico.

Per un dettaglio sulle caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche dei COCs selezionati si

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	26 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

rimanda all'appendice O del manuale ISPRA 2008 ed al database ISS/ISPELS¹.

2.4. DEFINIZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE NELL'AREA DI INTERESSE

I dati raccolti nel corso delle fasi di indagine e durante le campagne di misure piezometriche nell'area della discarica in fase di gestione post operativa hanno permesso di ricostruire la successione delle unità idrogeologiche che caratterizzano il sottosuolo nell'area stessa.

In particolare, è stata riscontrata la presenza di più unità idrogeologiche sovrapposte, come di seguito descritto (a partire dalla più superficiale verso la più profonda):

- **Unità superficiale (fino a circa 10 m di profondità dal p.c.).**

È la cosiddetta unità di valle, caratterizzata litologicamente da sedimenti a granulometria fine con torbe e argille torbose. Tali terreni sono praticamente impermeabili per porosità e solo in presenza di alcune piccole lenti di limi sabbiosi si determina una debole permeabilità orizzontale locale. La permeabilità verticale è bassa, dell'ordine di 10-9 m/s, mentre la permeabilità orizzontale è dell'ordine di 10-7 m/s.

L'unità è caratterizzata dalla presenza di acque di ritenzione che, a luoghi, possono saturare livelli di estensione areale ridotta; da questi, per l'esistenza di una rete di micro fessure, si può innalzare per capillarità una frangia sino a distanze di 1,6÷2,4 metri dal p.c.

Queste acque non sono in comunicazione tra loro ed il bilancio idrico dell'unità è determinato unicamente dagli apporti delle acque meteoriche e dalle perdite per evaporazione e traspirazione, essendo la circolazione verso il basso praticamente impossibile. Su questa unità idrogeologica ha sede il corpo della discarica esistente e dalla sommità di tale unità sarà impostata la barriera di fondo dell'invaso in progetto.

- **Unità intermedia (da circa 10 m fino a 16÷17 m di profondità dal p.c.)**

Tale unità è caratterizzata da sabbie, da debolmente limose a pulite, riconducibili ad un unico apporto sedimentario lentiforme che passa lateralmente, alquanto bruscamente, a depositi fini. Tale unità presenta valori di permeabilità buoni ed il coefficiente di permeabilità, sia orizzontale che verticale, è dell'ordine di 10-5 m/s.

La soggiacenza del livello di falda supera di poche decine di centimetri il limite dell'unità superficiale, attestandosi su valori di circa 1,1÷2 m di profondità dal p.c.

¹ http://www.apat.gov.it/site/_files/Suolo_Territorio/Banca_dati_ISS_ISPELS_Maggio_2009.xls

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	27 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

La velocità di ricarica dell'acquifero è generalmente lenta a causa del ridotto gradiente idraulico, da mettere in relazione con il basso gradiente morfologico dei corpi sedimentari che lo compongono. L'unità intermedia ospita una falda artesiane, denominata "Falda B" nei documenti di progetto relativi alla discarica attualmente in fase di gestione post operativa.

- **Unità profonda (da 16÷17 m fino alle massime profondità indagate)**

Tale unità è caratterizzata da alternanze di livelli fini argillosi, argilloso-limosi e più francamente limosi, con orizzonti di sabbie debolmente limose. La permeabilità dell'acquifero è irregolare e le sue acque, in modesta pressione, risalendo si attestano su valori di soggiacenza analoghi a quelli tipici delle unità precedenti.

L'alimentazione avviene quasi certamente tramite i depositi dei paleoalvei. L'unità intermedia ospita falda artesiane più profonde, denominate Falda C e Falda D nei documenti di progetto relativi alla discarica attualmente in fase di gestione post operativa.

2.5. CARATTERIZZAZIONE DEI MEDIA AMBIENTALI

In questa fase della formulazione del modello concettuale si descrivono i media ambientali interessati, sia direttamente che indirettamente, dal rilascio delle sorgenti definite al punto precedente.

La caratterizzazione dei media ambientali si rende necessaria per potere procedere nelle valutazioni modellistiche di Fate & Transport delle sostanze nell'ambiente.

In generale nel caso di una discarica i media ambientali interessati dalla potenziale contaminazione sono il suolo (suolo superficiale e profondo), l'acquifero (zona satura) e l'atmosfera (indoor ed outdoor).

Analizzando le emissioni di percolato potenzialmente previste per l'ampliamento della discarica in oggetto, in relazione al contesto territoriale in cui è collocata si procede nella descrizione e caratterizzazione dei seguenti media ambientali potenzialmente interessati dalla contaminazione:

- Zona insatura di terreno al di sotto del corpo discarica (suolo superficiale)
- Zona satura acquifero

Vengono descritti di seguito i parametri necessari per il calcolo del Fattore di Lisciviazione (Leaching Factor) "LF". Tale fattore rappresenta infatti il rapporto tra la concentrazione che si avrà in falda e quella in uscita dalla sorgente-discarica:

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	28 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$$LF = \frac{SAM}{LDF}$$

SAM è il coefficiente di attenuazione del suolo insaturo (Soil Attenuation Model) che tiene conto dell'attenuazione che subiscono le concentrazioni delle sostanze di interesse nella migrazione verticale nel terreno insaturo, per effetto di fenomeni di adsorbimento e reazioni di sequestro chimico con i terreni. Come ipotesi conservativa il modello SAM assume che la concentrazione iniziale del percolato si mantenga costante per tutta la durata dell'esposizione.

LDF è invece il fattore di diluizione in falda (Leachate Dilution Factor), che dipende dal rapporto della portata di infiltrazione e la portata di falda nella zona di miscelazione

Nella tabella che segue vengono riepilogati i modelli e le metodologie utilizzate per stimare il fattore di lisciviazione, come previsto nell'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003.

Fattore di trasporto	Valore	Calcolo
SAM	0.01	Calcolo Risk-net
LDF	3.94	Calcolo Risk-net
LF	0.00254	

Tabella 6 – Calcolo dei fattori di trasporto

Si riportano anche le formule utilizzate, implementate nel software Risk-net:

Soil Attenuation model, SAM (-)

$$SAM = \frac{d}{L_{gw} - L_{s(SS)}} \quad (\text{opzionale})$$

Fattore di diluizione, LDF (-)

$$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw}}{I_{eff} \cdot W}$$

Dove:

- d = spessore della sorgente nel suolo superficiale (cm)
- Lgw = soggiacenza della falda rispetto al p.c. (cm)
- Ls (SS) = Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. (cm)
- vgw= velocità di Darcy (cm/s)
- W = estensione della sorgente nella direzione principale del flusso di falda (cm)
- δgw = Spessore zona di miscelazione, (cm)

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	29 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- i_{eff} = Infiltrazione efficace (cm/s)

2.5.1. Parametri per la zona insatura

La scelta dei valori rappresentativi per ciascun parametro caratteristico della zona insatura viene condotta coerentemente con la procedura definita nel paragrafo 3.1 delle linee guida ISPRA “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche” (ISPRA 2005).

Si procede di seguito nell'analisi di ciascun parametro e nella sua caratterizzazione analizzando i dati sito specifici a disposizione. Le caratteristiche dell'acquifero e dell'insaturo inserite nel software Risk net sono descritte nei relativi paragrafi.

La granulometria del terreno non entra direttamente nelle equazioni utili per il calcolo dei fattori di trasporto. Nonostante ciò, la sua determinazione risulta spesso utile, per stimare i valori di molte delle proprietà fisiche del suolo saturo e insaturo.

Nel caso specifico la zona tra l'acquifero e la base della discarica è estesa da p.c. a 10 m di profondità da p.c. Analizzando le indagini stratigrafiche riportate nelle relazioni geologiche si rileva come la potenziale contaminazione di percolato in uscita accidentalmente dallo strato di HDPE interessi una formazione limo-argillosa.

Infatti, sono presenti alcune lenti sabbioso-limose, contenenti acque confinate all'interno di strati argillosi o limoso argillosi, non in comunicazione con gli strati sottostanti e prive di continuità laterale. Pertanto, è stato considerato il terreno insaturo come un terreno omogeneo.

Il terreno su cui poggia il fondo della discarica è un terreno di tipo limo argilloso.

Nel caso in esame sul fondo della discarica in progetto è posizionato, ad impermeabilizzazione della stessa, una guaina in HDPE di 2.5 mm.

L'unica parte della discarica che può contribuire ad un eventuale inquinamento delle acque sottostanti è quella situata al di sotto dello strato di HDPE, tale porzione di discarica viene nel seguito considerata e caratterizzata.

IPOTESI CONSERVATIVA

Vista la sostanziale impermeabilità della guaina in HDPE si considererà, ai fini del potenziale inquinamento sottostante la discarica e della valutazione del rischio per la salute umana, l'INTERA superficie del fondo della discarica come se interamente appoggiasse sulla porzione costituita da uno strato di limo-argilloso assimilato a Silty clay loam, per la stima dei parametri idrogeologici.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	30 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM
Tessitura della Zona Insatura				
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ_e	Letteratura	0.341	-
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	θ_w	Letteratura	0.246	-
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	θ_a	Letteratura	0.095	-
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w, cap}$	Letteratura	0.317	-
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a, cap}$	Letteratura	0.024	-
Spessore della frangia capillare	h_{cap}	Letteratura	1.339	m
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	h_{cr}	Letteratura	-0.7959	m
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	$K_{sat, s}$	Letteratura	1.94e-7	m/s
Battente idrico in superficie	H_w	0.25	0.25	m
Caratteristiche della Zona Insatura				
Densità del suolo	ρ_s	1.7	1.7	g/cm ³
pH del suolo	pH	6.8	6.8	-
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	$f_{oc, SS}$	0.01	0.01	g/g
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	$f_{oc, SP}$	0.01	0.01	g/g
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	S_r	0.04	0.04	m
Spessore della zona insatura	h_v	Calcolato	8.661	m
Infiltrazione nel sottosuolo				
Piovosità media annua	P	129	86	cm/y
Frazione areale di fratture outdoor	η_{out}	1	1	-
Infiltrazione efficace nel suolo	l_{ef}	Calcolato	1.33	cm/y
Altri parametri intermedi				
Spessore della zona di miscelazione in falda	δ_{gw}	Calcolato	6.00	m
Fattore di diluizione in falda	LDF	Calcolato	3.93	-

Tabella 7 – definizione dei parametri della zona insatura

Si precisa che la piovosità media annua è stata ricavata dai dati forniti dalla Regione Emilia-Romagna (tramite portale Dexter) per due pluviometri posizionati in prossimità dell'area di interesse:

- Madonna, GALLIERA, BOLOGNA, EMILIA-ROMAGNA, ITALY (coordinate 11.422632, 44.744045)
- Malalbergo, MALALBERGO, BOLOGNA, EMILIA-ROMAGNA, ITALY (coordinate 11.522651, 44.717958)

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	31 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	Piovosità media annua					
	kg/m2/gg	kg/m2/gg	mm/gg	mm/gg	cm/y	cm/y
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Madonna	2.11	2.18	2.11	2.18	77.16	79.46
Malalbergo	2.58	2.53	2.58	2.53	94.61	92.65
Media	2.4		2.4		86.0	

inoltre:

- è stato considerato il corpo discarica come appoggiato sul piano campagna, in quanto non risulta interrato;
- lo spessore della zona contaminata è stato fissato pari a 10 cm, assunto quale battente del percolato sul fondo della discarica considerata nella sua interezza. Tale valore è da considerarsi come dato medio su tutta la superficie del fondo discarica, ossia della sorgente di potenziale rilascio, pertanto, per effetto della pendenza del fondo dei lotti, in alcuni punti vi saranno battenti minori mentre in altri vi saranno battenti maggiori. In particolare in corrispondenza degli slope riser, che sono realizzati apposite buche, il livello sarà maggiore in quanto le pompe per l'estrazione devono lavorare sotto battente

Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM
Suolo Superficiale				
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	0.10	m
Falda				
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	10	m

Tabella 8 – definizione dei parametri della discarica

2.5.2. Parametri per la Zona Saturata (Acquifero)

Nella tabella sono elencati i principali parametri di caratterizzazione dell'acquifero utilizzati nei calcoli di Analisi di Rischio.

Analizzando i dati di caratterizzazione geologica, idrogeologica e stratigrafica del sito in esame si considera come porzione del suolo saturo lo strato sabbioso che si trova a partire da 10 m da piano campagna fino a 16/17 m di profondità.

L'acquifero risulta essere confinato dall'intervallo argilloso sovrastante. Per simulare la condizione più conservativa si ipotizza un acquifero non confinato con il livello della quota d'acqua coincidente con il tetto dell'acquifero. La quota minima da p.c. alla quale è stato riconosciuto il tetto dell'intervallo sabbioso sede di acquifero è 10 m da p.c. pertanto si assume questa quota come

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	32 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

livello di falda. Lo spessore dell'acquifero risulta essere 6/7 m (assunto cautelativamente pari a 6 m). Come spessore di mescolamento, in assenza di misure specifiche si è scelto uno spessore corrispondente a quello dell'acquifero.

Il terreno in cui è presente l'acquifero è di tipo sabbioso (Sand)

Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM
Tessitura della Zona Satura				
Conducibilità idraulica del terreno saturo	Ksat	Letteratura	8.25e-5	m/s
Porosità efficace del terreno in zona satura	θe,sat	Letteratura	0.385	-
Caratteristiche della Zona Satura				
Spessore acquifero	da	2	6	m
Gradiente idraulico	i	0.01	0.001	m/m
Velocità di Darcy	vgw	Calcolato	8.25e-8	m/s
Velocità media effettiva nella falda	ve	Calcolato	2.14e-7	-
Frazione di carbonio organico - suolo saturo	foc,sat	0.001	0.001	g/g
Frazione residua dei pori nel suolo saturo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	m
Trasporto e dispersione in falda				
Dispersività longitudinale in falda	ax	Calcolato	10.00	m
Dispersività trasversale in falda	ay	Calcolato	3.33	m
Dispersività verticale in falda	az	Calcolato	0.50	m

Tabella 9 – parametri caratterizzazione acquifero

Lo spessore dell'acquifero è lo spessore compreso tra la tavola d'acqua ed il letto dell'acquifero ed è stato posto conservativamente pari a 6 m, che coincide con lo spessore della zona di mescolamento (sigma_sw).

Infatti, il percolato che arriva sulla tavola d'acqua dopo avere attraversato la zona insatura inizia a diluirsi all'interno dell'acquifero in una zona definita come zona di mescolamento determinando una diluizione delle concentrazioni che poi verranno propagate nella direzione del flusso di falda.

Per quanto concerne il gradiente idraulico della zona satura (i), la differenza Δh di livello piezometrico tra due punti è pertanto considerata una misura rappresentativa della perdita di carico effettiva dovuta al flusso dell'acqua nel terreno. Il rapporto tra la perdita di carico piezometrico Δh e il tratto L in cui essa si verifica è definito gradiente idraulico:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Il gradiente idraulico medio nell'area della discarica in progetto è molto basso ed è stato posto cautelativamente pari all'1 per mille.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	33 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2.6. INDIVIDUAZIONE DEI POTENZIALI RICETTORI

Nel caso del sito in esame, l'obiettivo della presente ADR è quello di verificare se le attuali condizioni di potenziale contaminazione siano accettabili, pertanto si individua come potenziale recettore direttamente il punto posizionato sotto la discarica, in accordo con l'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003:

1. POE ONSITE – punto interno al sito localizzato al di sotto del corpo discarica.

Nell'identificazione dei potenziali recettori umani il Risk assessor si preoccupa di identificare e localizzare le popolazioni potenzialmente interessate ai rilasci dei composti, ponendo particolare attenzione all'individuazione delle popolazioni che potranno essere in un futuro prossimo coinvolte sia per effetto del cambiamento di destinazione d'uso del sito, sia per effetto dei fenomeni di migrazione dei composti nell'ambiente.

Particolare attenzione deve essere rivolta nell'identificazione di tutte le sotto popolazioni particolarmente sensibili alla contaminazione, a tal fine occorre localizzare scuole, ospedali, asili, aree residenziali con bambini, centri commerciali, laghi da pesca, fattorie ed aree industriali.

In tabella sono elencate alcune delle sotto popolazioni sensibili raccomandate dalla USEPA:

Residenziali (Adulti e Residenti)
Industriali
Ricreazionali (Bambini)
Agricola sussistente (adulti e bambini)
Pescatori sussistenti (adulti e bambini)
Malati

Nel caso in esame si prende come categoria di riferimento per i recettori potenzialmente esposti alla potenziale inalazione di vapori provenienti dalla falda e dal suolo ed all'ingestione involontaria di acqua contaminata, quella rappresentata da **Adulti di tipo lavoratori**. Si precisa che le acque sotterranee considerate, oggetto della presente analisi di rischio, non sono ad uso potabile.

Si assume che la gestione di acqua contaminata possa avvenire, con **ipotesi assolutamente cautelativa**, nel corso di attività di campionamento / spurgo / pulizia dei piezometri. Si assume che

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	34 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

l'esposizione avvenga per 12 giorni lavorativi all'anno, ossia un giorno al mese, con ingestione cautelativamente assunta in 0.1 l di acqua contaminata per ogni giorno di esposizione.

La presente ADR viene quindi condotta ipotizzando una esposizione dei recettori altamente cautelativa e pressoché impossibile da verificarsi realmente.

2.6.1. Percorsi di esposizione

L'identificazione dei potenziali Percorsi di Esposizione (Exposure Pathways) si articola nella descrizione dei meccanismi che mettono in contatto la sorgente (Source Area) del COC con il recettore umano.

Un percorso di esposizione è generalmente costituito da quattro elementi:

- (1) una sorgente ed un meccanismo di rilascio del COC,
- (2) un mezzo di ritenzione o trasporto,
- (3) un punto di contatto (*Point of Exposure POE*) tra il ricettore e il mezzo contaminato,
- (4) una via di esposizione (Exposure Route: Ingestione, Inalazione, Contatto Dermico).

In Figura 8 è raffigurato un esempio di percorso di esposizione dove il serbatoio (corpo percolante discarica) è la sorgente del rilascio chimico, il suolo costituisce l'area sorgente, il meccanismo di trasporto è il percolamento dal suolo alla falda mentre l'ingestione di acqua contaminata rappresenta la via di esposizione per il ricettore umano.

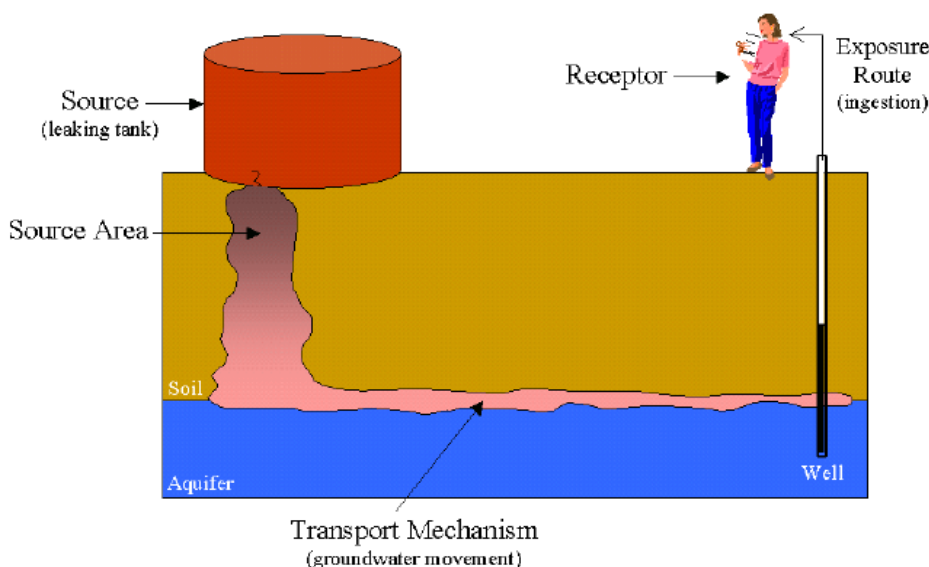


Figura 8 - Percorso di Esposizione (Exposure Pathway)

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	35 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In generale le vie di esposizione (Exposure Route) sono rappresentate da tre principali meccanismi di contatto tra ricettore e composto chimico:

1. Ingestione;
2. Inalazione;
3. Contatto dermale.

Per il sito della discarica Galliera si considerano come principali vie di esposizione sia l'ingestione di acqua contaminata sia l'inalazione indoor ed outdoor dei composti che volatilizzano da falda e suolo.

Nella seguente figura si riporta il diagramma di flusso dei percorsi di esposizione per la discarica di Galliera.

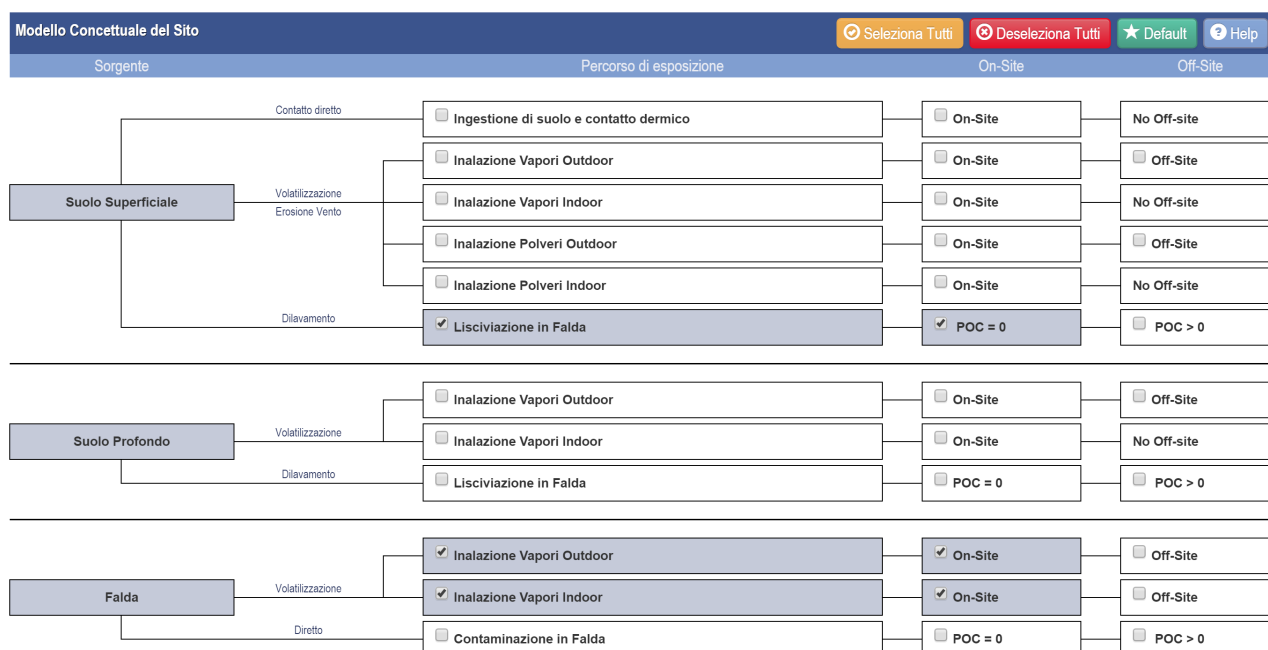


Figura 9 - Exposure Routes RBCA

Come evidenziato nella figura precedente si sono ipotizzati i seguenti percorsi di esposizione per il recettore oggetto della presente AR:

- **POE-ONSITE: Ingestione Acqua falda e inalazione vapori (recettore adulto lavoratore)**
- **POE-ONSITE: Rischio per la risorsa idrica**

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	36 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2.6.2. Caratterizzazione dei potenziali ricettori

Come evidenziato in precedenza si sottolinea come i POE (Punti di Esposizione) localizzati nelle immediate vicinanze siano del tutto virtuali in quanto non esistono recettori posti in prossimità del sito, sia residenziali che industriali, che possono essere esposti ai contaminanti rilasciati nella falda o nelle acque superficiali.

Le caratteristiche dei recettori selezionati utilizzati nella AdR sono rappresentate nella seguente figura; nel caso specifico viene impostata una frequenza di esposizione pari a 12 gg/anno.

Fattori di esposizione							
Esposizione			On Site				
Ambito			Residenziale				Industriale
Parametri di esposizione	Simbolo	UM	Bambini	Adolescenti	Adulti	Anziani	Lavoratore
Fattori Comuni							
Peso Corporeo	BW	kg	15	15	70	70	70
Tempo di mediazione cancerogeni	AT	y					70
Durata di esposizione	ED	y	6	10	24	5	25
Frequenza di esposizione	EF	d/y	350	350	350	350	12
Ingestione di suolo							
Frazione di suolo ingerita	FI	-	1	1	1	1	1
Tasso di ingestione suolo	IR	mg/d	200	200	100	100	50
Contatto Dermico							
Superficie di pelle esposta	SA	cm²	2800	2800	5700	5700	3300
Fattore di aderenza dermica	AF	mg/cm²/d	0.2	0.2	0.07	0.07	0.2
Inalazione di vapori e polveri outdoor							
Frequenza giornaliera outdoor (c)	EFgo	h/d	24	0.5	24	1.9	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri outdoor (a):(b)	Bo	m³/h	0.7	0.7	0.9	0.9	2.5
Frazione di suolo nella polvere outdoor	Fsd	-	1	1	1	1	1
Inalazione di vapori e polveri indoor							
Frequenza Giornaliera Indoor	EFgi	h/d	24	19.6	24	22.4	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri indoor (b)	Bi	m³/h	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
Frazione di suolo nella polvere indoor	Fi	-	1	1	1	1	1
Ingestione di acqua							
Tasso di Ingestione di acqua	IRw	L/d	1	1	2	2	0.1

(a) In caso di intensa attività fisica, in ambienti residenziali outdoor si suggerisce l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a 1,5 m³/ora per gli adulti, e di 1,0 m³/ora per i bambini.

(b) Per l'ambito commerciale/industriale si suggerisce di utilizzare nel caso di dura attività fisica un valore pari a 2,5 m³/ora è da utilizzare mentre, nel caso di attività moderata e sedentaria è più opportuno

Figura 10 – Caratteristiche del recettore individuato per l'AdR

2.7. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

2.7.1. Calcolo della portata effettiva di esposizione

Nota la concentrazione nel punto di esposizione (POE) in corrispondenza dei media di esposizione considerati (acqua, suolo, cibo) è possibile stimare la dose giornaliera con cui i potenziali recettori vengono a contatto.

Per esposizione si definisce il contatto tra un organismo (umano nel caso del rischio per la salute) ed un composto chimico o un'agente fisico (USEPA, 1988).

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	37 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

La valutazione della magnitudo dell'esposizione consiste nella quantificazione (misura o stima) della dose, ovvero della quantità (massa nel caso di composto chimico) di agente che entra in contatto con l'organismo umano attraverso i propri organi di scambio con l'ambiente (polmoni, pelle, intestino, etc..) all'interno di uno specifico intervallo di tempo.

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$$

La stima quantitativa della magnitudo dell'esposizione è espressa in termini di massa di sostanza in contatto con l'organismo (Intake), normalizzata nell'unità di tempo e per unità di peso corporeo (mg COC per kg peso corporeo per giorno, mg/(kg*d).

Si osserva come l'intake rappresenti una stima conservativa rispetto alla massa che effettivamente viene assorbita dagli organi dei ricettori, essa rappresenta la massa che entra in contatto con il recettore.

Ipotizzando che la concentrazione nel media di esposizione e i parametri anatomici che definiscono il contatto con esso rimangano costanti per l'intera durata dell'esposizione si ottiene:

$$I = \frac{C^{em} \bullet CR \bullet EF \bullet ED}{BW \bullet AT}$$

- I=Intake quantità di COC in contatto con il ricettore in (mg/kg-giorno)
- C^{em} =Concentrazione del COC mediata nel periodo di esposizione (mg/kg, mg/Nm³, mg/L)
- CR= Massa di mezzo di esposizione contaminato ingerito, inalato o assorbito per unità di tempo (mg/giorno)
- EF= Frequenza Annuale dell'esposizione (giorni/anno)
- ED= Durata dell'esposizione (anni)
- BW=Peso Corporeo del recettore (kg)
- AT= Durata in cui viene effettuata la media dell'esposizione (giorni),

Il valore di AT definisce la durata temporale su cui viene normalizzata la dose assorbita, esso si differenzia a seconda della tipologia di composti oggetto della stima.

Composti classificati come tossici

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	38 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- AT= durata del periodo di esposizione Intake
- I=Dose Media Giornaliera (Average Daily Dose ADD).

Composti Cancerogeni

- AT= Life Time (durata media della vita del ricettore umano esposto).
- Intake I = Dose Media Giornaliera nell'arco di durata della Vita (Lifetime Average Daily Dose LADD).

Di seguito si riportano i dettagli delle equazioni di stima degli Intake per il percorso di esposizione selezionato:

INGESTIONE DI ACQUA CONTAMINATA

$$I_{dw} = \frac{C_{dw} \bullet CR_{dw} \bullet F_{dw} \bullet EF \bullet ED}{BW \bullet AT \bullet 365day / yr}$$

dove:

- C_{dw}= Concentrazione del COC in acqua(mg/L)
- CR_{dw}=Consumo giornaliero (L/day)
- EF= Frequenza dell'esposizione (days/yr)
- ED= Durata dell'esposizione (yr)
- F_{dw}= Frazione del exposure medium (acqua) contaminato
- BW=peso corporeo (kg)
- AT= Durata dell'esposizione o LifeTime

INALAZIONE DI VAPORI E POLVERI OUTDOOR E INDOOR

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	39 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- **Inalazione di vapori e polveri outdoor** $EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_o \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$
- **Inalazione di vapori e polveri indoor** $EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_i \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$

Dove:

- B₀= tasso di inalazione outdoor
- B_i= tasso di inalazione indoor

2.7.2. Valutazione Dose-Risposta

La determinazione della curva dose-risposta, nel caso della procedura di valutazione del rischio, consiste nella stima della relazione esistente tra la dose di un agente chimico o il livello di esposizione ad una sostanza, con la stessa probabilità di sviluppare degli effetti negativi sulla specie animale test. Essa comprende una descrizione quantitativa di tale relazione dose-risposta, ma anche una discussione sulle incertezze e sulla validità dei risultati ottenuti.

Per ottenere i dati necessari all'analisi di rischio vengono utilizzate due tipi di estrapolazione:

- Estrapolazione da specie a specie (animale – uomo);
- Estrapolazione dalle alte (nei test su animali) alle basse dosi (nell'ambiente);

Pertanto, molto importante, è il modello di estrapolazione utilizzato per ricavare i dati.

Come già detto è essenzialmente diversa la curva dose-risposta fra sostanze tossiche e sostanze cancerogene; per le prime è prevista una soglia al di sotto della quale la risposta è nulla (ossia per esposizioni anche prolungate non si manifestano risposte nel soggetto esposto), per le seconde invece esiste sempre una risposta per qualsiasi dose non nulla.

Emerge quindi la necessità di utilizzare modelli matematici statistici per predire le risposte alle basse dosi derivandole da quelle riscontrate alle alte dosi.

Per questo motivo viene definita la risposta come "Probabilità P(d) di sviluppo di un tumore nel corso della vita di un individuo se esso è esposto ad un agente cancerogeno ad una dose "d" mentre

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	40 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

la risposta di background è la “Probabilità P”(d_bg) di sviluppo di un tumore nel corso della vita di un individuo se esso è esposto ad un agente cancerogeno alla dose di background “d_bg”.

Si ottiene il modello Dose-Response di Background:

$$P(d) = p + (1 - p) * F(d)$$

Da cui la funzione eccesso di rischio:

$$R(d) = \frac{P(d) - p}{1 - p} = F(d)$$

Definito come il rischio di sviluppare effetti avversi in seguito ad una dose “d”, oltre il rischio di background.

Per quanto riguarda il caso in oggetto per quanto riguarda i parametri necessari alla valutazione del rischio, si è fatto riferimento a due banche dati on-line ed in particolare:

- OEHA; Toxicity criteria database;
- IRIS; Integrated Risk Information System (USEPA).

I parametri indicati all’interno di tale database sono estrapolati con diverse metodologie, indicate sul database.

In questi modelli il fattore di potenza cancerogena viene stimato interpolando i dati degli studi animali, utilizzando modelli LMS (Linear Multi-Stage):

$$P(d) = 1 - e^{-(K_0 + K_1 * d + K_2 * d^2 + \dots + K_n * d^n)}$$

Nel modello multistage, gli esponenti delle dosi sono prefissati mentre i coefficienti sono calcolati, mediante elaboratore, sulla base dei coefficienti sperimentali.

Per linearizzare questo modello nell’ambito della zona delle dosi basse si utilizza il limite di confidenza superiore (Upper Confidence Limit, UCL) della componente lineare (il coefficiente K1) della formulazione matematica.

L’UCL è in pratica la potenza cancerogena o l’unità di rischio (UR-CPF).

Supponendo di stimare i coefficienti K con un livello di confidenza superiore del 95% interpolando i dati sui saggi tossicologici sugli animali si ottiene dalla semplificazione:

$$P(d) = 1 - e^{-(K^*_0 + K^*_1 * d)}$$

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	41 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$$P(0) = 1 - e^{-(K_1^* \cdot d)}$$

da cui si ottiene l'Eccesso di Rischio:

$$R(d) = 1 - e^{-(K_1^* \cdot d)}$$

Il parametro K_1^* stimato con un livello di confidenza all'estremo superiore del 95% (95-esimo percentile), è definito come Cancer Slope Factor (CSF) o fattore di potenza cancerogena del COC.

Il CSF rappresenta dunque l'incremento del rischio da cancro per effetto di una dose unitaria (Unità di Rischio).

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	42 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

3. CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

3.1. RISCHIO PER LA SALUTE UMANA

I potenziali effetti nocivi sulla salute delle popolazioni, sottoposta all'esposizione di sostanze contaminanti in corrispondenza del punto di esposizione, possono essere definiti utilizzando i dati pubblicati dall'U.S. EPA Integrated Risk Information System (IRIS) e da altri centri di ricerca e documentazione, essenzialmente statunitensi.

Lo studio di analisi di rischio sanitario ambientale prende in considerazione le sostanze tossiche croniche, valutando i rischi che l'inquinamento dell'ambiente con tali sostanze può causare sulla salute degli individui a seguito di un'assimilazione cronica. I parametri che caratterizzano la tossicità e la cancerogenicità dei composti individuati sono i seguenti:

- 1) Chronic Reference Dose (RfD) per gli effetti tossici, non cancerogeni.
- 2) Slope Factor (SF) per gli effetti cancerogeni

1) Chronic Reference Dose (RfD) per gli effetti tossici, non cancerogeni.

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \cdot MF}, \quad \frac{mg}{Kg \cdot d}$$

La dose di riferimento RfD rappresenta la dose media giornaliera soglia, al di sotto della quale non si ha alcun effetto negativo sulla salute umana durante l'intera vita.

Per tener conto della sensibilità della popolazione, i valori di RfD sono significativamente più bassi dell'effettivo livello di tolleranza determinato sulla base di studi sull'uomo o sugli animali (NOAEL = No Observed Adverse Effect Level).

Il NOAEL viene convertito in RfD sulla base di un fattore di incertezza (UF) e di un fattore di modificazione (MF). UF, in particolare, rappresenta il livello di incertezza e assume valori compresi fra 10 e 10000.

Il valore di MF è invece compreso fra 0 e 10 e dipende dal grado di incertezza professionale circa gli studi e le banche dati utilizzati nelle sperimentazioni; in mancanza di indicazioni puntuali, si assume MF = 1.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	43 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2) Slope Factor (SF) per gli effetti cancerogeni

Per le sostanze cancerogene, che coinvolgono il DNA e sono causa di effetti genotossici (mutagenesi, teratogenesi, cancerogenesi, ...) si verifica invece una correlazione di tipo lineare nel diagramma dose-risposta.

In realtà, l'assunzione della linearità per basse dosi costituisce un'ipotesi conservativa in assenza di dati reali; in ogni caso, per tali sostanze si assume che non esista una soglia di non effetto.

Il fattore SF è usualmente misurato in $(\text{mg/kg/d})^{-1}$ e corrisponde al limite superiore di confidenza 95% del modello lineare dose-effetto, valido per le basse dosi.

3.1.1. Rischio Cancerogeno

Il Rischio Cancerogeno Individuale è definito dalla misura dell'aumento di probabilità che un singolo recettore umano ha di sviluppare il cancro nell'arco dell'intera durata della sua vita, in seguito all'esposizione ad agenti chimici cancerogeni. In tal caso si parla anche di eccesso di rischio cancerogeno individuale oltre il valore di background.

$$\text{Individual_CancerRisk} = LADD_i \bullet CSF_i$$

$$LADD_i = I_i \Leftrightarrow AT = \text{Life} - \text{Time}$$

dove:

- CSF_i = Fattore di Potenza Cancerogena (Cancer Slope Factor) del i-esimo COC (mg/kg-day)
- $LADD_i$ = Intake Totale normalizzato nell'arco della durata della vita per ogni singolo ricettore e composto i, ottenuto sommando il contributo di tutti i k percorsi di esposizione. (mg/kg-day).

L'utilizzo del coefficiente CSF è valido solo nell'ipotesi di esposizione alle basse dosi, che risulta accettabile nell'ambito delle esposizioni a cancerogeni rilasciati nell'ambiente con rischi non superiori a 10^{-2} .

Nelle condizioni tipiche della contaminazione ambientale è molto probabile che una popolazione di individui sia esposta contemporaneamente a più agenti chimici cancerogeni, in queste condizioni, sotto determinate ipotesi, la stima quantitativa del rischio cancerogeno individuale si ottiene sommando i rischi individuali associati alle singole sostanze.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	44 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Le ipotesi riguardano:

- Indipendenza di azione dei composti chimici cancerogeni (non si considerano le sinergie e gli effetti antagonisti),
- Indipendenza di distribuzione dei rischi relativi ai singoli composti

si ha:

$$TotalIndividual_CancerRisk = \sum_i Individual_CancerRisk_i$$

Le limitazioni insite in questo approccio sono:

- Elevata conservatività;
- Impossibilità di considerare le interazioni tra le sostanze.

3.1.2. **Rischio Tossico**

Le sostanze tossiche classiche non cancerogene hanno una relazione tra dose e risposta (effetto sull'organismo) caratterizzata dalla presenza di una soglia di non effetto, ovvero gli effetti negativi si manifestano sugli organismi esposti solo se la dose supera un certo valore di soglia. La caratterizzazione del pericolo associato all'esposizione a sostanze tossiche avviene attraverso la stima del Quoziente di Pericolo.

Il Quoziente di Pericolo non è una misura probabilistica come il rischio cancerogeno, ma piuttosto, una misura della magnitudo dell'esposizione a sostanze tossiche classiche, rispetto ai rispettivi livelli di esposizione standard (RfD Reference Dose) a cui corrispondono effetti non negativi anche per le popolazioni deboli.

Quoziente di Pericolo si valuta mediante un confronto tra il livello di esposizione standard relativo al composto i e la dose totale assorbita da un generico individuo appartenente al recettore umano k riferite entrambe rispetto al medesimo intervallo temporale di esposizione:

$$HQ_{ij}(x,y) = \frac{ADD_{ij}(x,y)}{RfD_i}$$

$$ADD_{ij} = I_{ij} \Leftrightarrow AT_{jk} = Durata_Esposizione$$

dove:

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	45 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- $ADD_{ij}(x, y)$ = Dose media Giornaliera mediata nella durata dell'esposizione relativa al tossico i per il ricettore j ottenuta sommando il contributo dei k percorsi di esposizione j (mg/kg-d)
- RfD_i = Dose di Riferimento (Reference Dose) per il COC i -esimo al di sotto della quale non si hanno effetti (mg/kg-d)

Il Quoziente di Pericolo (HQ) è stimato singolarmente per ogni COC a cui i recettori sono esposti, ed è quindi possibile stimare il Quoziente di Pericolo totale sommando gli HQ $_i$:

$$HQ_{i_Tot_j}(x, y) = \sum_i HQ_{ij}$$

Una volta definiti le stime del rischio è necessario definire i criteri di accettabilità di un rischio (Target Level).

Nel caso di esposizioni acute e croniche per inalazione a sostanze tossiche sono stati definiti in letteratura (HWIR e OEHHA) alcune concentrazioni di riferimento che garantiscono la salvaguardia della salute umana. La verifica del rispetto di tali standard stimati mediante approccio risk-based garantisce la salvaguardia dei recettori più sensibili da possibili effetti negativi di tipo acuto.

3.1.3. Criteri di accettabilità

I limiti di accettabilità del rischio cancerogeno e del pericolo tossico definiti dalla normativa nazionale vigente (Dlgs 152/2006 e s.m.i.) sono i seguenti:

- Rischio cancerogeno singola sostanza < 1E-06
- Rischio cancerogene multipla sostanza < 1E-05
- Rischio tossico singola sostanza < 1
- Rischio tossico multipla sostanza < 1

3.1.4. Risultati Analisi Rischio Cancerogeno e Pericolo Tossico

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle valutazioni del rischio condotte secondo la metodologia RBCA Tier II implementata nel software Risk-net.

I risultati dell'analisi sono esposti secondo la modalità diretta (*forward mode*) per il calcolo del rischio sanitario causato dalle sorgenti di contaminazione (suolo superficiale) nelle acque sotterranee.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	46 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In particolare, nota la **concentrazione massima rappresentativa della sorgente (percolato nel suolo superficiale)**, è stato calcolato il **valore massimo delle concentrazioni di ogni COC individuato, nella falda superficiale ed in atmosfera.**

I valori del rischio cancerogeno e del pericolo tossico sono quantificati analizzando il contributo dei singoli COCs e dei diversi percorsi di esposizione rispetto al valore totale.

Nella tabella seguente si riportano i valori del Cancer Risk (R(HH)) e dell'Hazard Quotient (Hi(HH)) per l'esposizione ad inalazione di aria contaminata da volatilizzazione ed ingestione di acqua contaminata da falda acquifera.

Il calcolo del rischio cancerogeno e del pericolo tossico in modalità diretta viene condotto in corrispondenza di potenziali recettori costituiti da lavoratori esposti all'ingestione di acqua prelevata dai drenaggi e all'inalazione dei vapori da suolo e falda.

Nella tabella che segue si riportano i valori dei rischi per la salute umana (rischio cancerogeno (R) e pericolo tossico (HI) individuali (per il singolo contaminante) e cumulati (totali, calcolati come sommatoria dei rischi di ogni contaminante inserito) valutati per i percorsi di esposizione individuati e per ciascun COC.

Rischio dall'Eluato da Suolo Superficiale						
Contaminante	CRS	f	CRS/f	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW) - falda
	mg/L	-	mg/L	-	-	-
Nitriti	1.51e+0		1.51e+0	-	1.81e-6	-
Ferro	1.06e+0		1.06e+0	-	1.81e-7	-
Manganese	2.96e-1		2.96e-1	-	2.53e-7	-
Nichel	3.00e+0		3.00e+0	-	1.79e-5	-
Arsenico	6.00e-1		6.00e-1	3.84e-8	2.39e-4	-
Boro	6.40e-1		6.40e-1	-	3.82e-7	-
Alluminio	1.99e+1		1.99e+1	-	2.37e-6	-
Antimonio	2.10e-1		2.10e-1	-	6.27e-5	-
Cadmio	3.00e-1		3.00e-1	-	7.17e-5	-
Cobalto	6.00e-2		6.00e-2	-	2.39e-5	-
Cromo totale	3.00e+0		3.00e+0	-	2.39e-7	-
Fluoruri	1.50e+1		1.50e+1	-	2.99e-5	-
Mercurio	6.00e-2		6.00e-2	-	-	-
Piombo	3.80e+0		3.80e+0	1.38e-9	1.30e-4	-
Selenio	1.50e-1		1.50e-1	-	3.58e-6	-
Zinco	1.50e+1		1.50e+1	-	5.97e-6	-
Rame	1.50e+1		1.50e+1	-	4.48e-5	-
Cianuri	4.90e-1		4.90e-1	-	9.75e-5	-
Rischio Cumulato				3.98e-8	7.32e-4	

CRS = Concentrazione rappresentativa in sorgente, f = fattore di riduzione della CRS, R (HH)= Rischio cancerogeno, HI (HH) = Indice di pericolo

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	47 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabella 10 – Risultati Cancer Risk (R) e Hazard Quotient (HI) per il POE-ONSITE

Come si rileva dalla tabella sia i valori del pericolo tossico che il rischio cancerogeno sono inferiori ai limiti di legge sia per i singoli COC sia per il pericolo tossico cumulativo.

3.2. RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA

Nonostante l'analisi di rischio in relazione alla potenziale inalazione di vapori e ingestione di acqua di falda contaminata per un recettore lavoratore (esposizione 12 gg/anno) evidenzia valori al di sotto dei limiti di legge, si procede al calcolo del rischio per la risorsa idrica (Rgw (GW)).

Nello specifico, in conformità con quanto previsto dall'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., il POC viene posto immediatamente sotto la potenziale sorgente di contaminazione (discarica) lungo la verticale. Non vengono quindi presi in considerazione eventuali fenomeni di dispersione e di diluizione della contaminazione connessi al trasporto delle acque sotterranee.

Rischio dall'Eluato da Suolo Superficiale						
Contaminante	CRS	f	CRS/f	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/L	-	mg/L	-	-	-
Nitriti	1.51e+0		1.51e+0	-	-	7.71e-3
Ferro	1.06e+0		1.06e+0	-	-	1.35e-2
Manganese	2.96e-1		2.96e-1	-	-	1.51e-2
Nichel	3.00e+0		3.00e+0	-	-	3.81e-1
Arsenico	6.00e-1		6.00e-1	-	-	1.53e-1
Boro	6.40e-1		6.40e-1	-	-	1.63e-3
Alluminio	1.99e+1		1.99e+1	-	-	2.52e-1
Antimonio	2.10e-1		2.10e-1	-	-	1.07e-1
Cadmio	3.00e-1		3.00e-1	-	-	1.53e-1
Cobalto	6.00e-2		6.00e-2	-	-	3.05e-3
Cromo totale	3.00e+0		3.00e+0	-	-	1.53e-1
Fluoruri	1.50e+1		1.50e+1	-	-	2.54e-2
Mercurio elementare	6.00e-2		6.00e-2	-	-	1.53e-1
Piombo	3.80e+0		3.80e+0	-	-	9.66e-1
Selenio	1.50e-1		1.50e-1	-	-	3.81e-2
Zinco	1.50e+1		1.50e+1	-	-	1.27e-2
Rame	1.50e+1		1.50e+1	-	-	3.81e-2
Cianuri	4.90e-1		4.90e-1	-	-	2.49e-2
Rischio Cumulato				-	-	

CRS = Concentrazione rappresentativa in sorgente, f = fattore di riduzione della CRS, Rgw (GW) = Rischio per la risorsa idrica.

Tabella 11 – Risultati del rischio per la risorsa idrica Rgw (GW)

Si riportano anche le concentrazioni in falda per i parametri per i quali sono definiti soglie di riferimento nell'allegato 7 del D. Lgs. 36/2003.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	48 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Concentrazione al POE - Percorso Eluato da Suolo Superficiale			
Contaminante	Suolo superficiale	Cgw on-site	Valore limite
	mg/L	mg/L	mg/L
TDS	60000.00	152.40	500
CARBONIO ORGANICO DISCIOLTO (DOC)	4000.00	10.16	-
COD	12000.00	30.48	30
	mg/L	ug/L	ug/L
MOLIBDENO	3.73	9.48	30

Tabella 12 – verifica concentrazioni di TDS, COD e Molibdeno

Si evince che non ci sono criticità per alcuno dei parametri valutati.

Solo per il parametro COD / DOC si rileva un lieve superamento (30,48 mg/l) della soglia definita in Allegato 7 al D. Lgs. 36/2003 e s.m.i. (30 mg/l), tuttavia si ritiene che tale lieve superamento non induca un rischio non accettabile in quanto la citata soglia è stata definita mutuando il limite per le acque superficiali destinate a essere utilizzate per la produzione di acqua potabile dopo i trattamenti appropriati.

È del tutto evidente che:

- la soglia definita non costituisce una CSC, ossia una soglia oltre alla quale sussiste una ipotesi di potenziale contaminazione della falda;
- al parametro DOC / COD non è quindi associato alcun rischio tossico o cancerogeno per la salute umana;
- le ipotesi cautelative assunte, prima tra tutte il posizionamento del POE / POC sulla verticale della discarica, consentono di assumere che non vi sia alcun superamento della soglia di 30 mg/l già a pochi metri dal POE / POC;
- non vi è alcuna possibilità che le acque di falda dentro al perimetro di discarica possano essere emunte a fini potabili, né vi sono pozzi ad uso potabile nelle vicinanze del sito in esame.

Tutto ciò considerato, si conferma che al lieve superamento della soglia definita in Allegato 7 al D. Lgs. 36/2003 e s.m.i. per il parametro COD / DOC non corrisponde un rischio non accettabile per l'ambiente o la salute umana.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	49 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

4. CONCLUSIONI

Scopo della presente analisi di rischio era quello di verificare l'accettabilità del rischio sanitario ed ambientale per i recettori (lavoratori) che potrebbero essere potenzialmente esposti alle concentrazioni di inquinanti presenti nel percolato del secondo stralcio della discarica di Galliera attraverso l'ingestione accidentale di acqua di falda ed inalazione di vapori.

I risultati della quantificazione del RISCHIO PER LA SALUTE UMANA DI SECONDO LIVELLO, condotta secondo lo standard ASTM PS-104 implementato nel software RBCA RISK-NET in coerenza con le linee guida ISPRA (ISPRA 2005, ISPRA 2006, ISPRA 2008) e con i D. Lgs 152/2006 e s.m.i. e D. Lgs. 36/2003 e s.m.i., evidenziano valori del rischio cancerogeno e del pericolo tossico inferiori ai valori soglia degli standard internazionali ed ai limiti di legge vigenti, per quanto applicabili in corrispondenza del punto esposizione POE localizzati internamente al sito oggetto di studio.

Alla luce delle analisi condotte in questo documento si rileva come il rischio sanitario ed ambientale dell'ipotesi di deroga richiesta risulta essere inferiore ai limiti normativi vigenti sia per i recettori ipotizzati che per la risorsa idrica.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	50 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

5. BIBLIOGRAFIA

ISPRA (2005) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche"

ISPRA (2006) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"

A.S.T.M. (1995) E-1739 Emergency standard guide for Risk-Based Corrective Action applied at petroleum release sites, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA 19428.

A.S.T.M. (1998) *PS.104 Standard provisional guide for Risk-Based Corrective Action*, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA 19428.

CONNOR J.A., BOWERS R.L., PAQUETTE S.M., NEWELL C.J. (1997) *Soil attenuation model for derivation of risk-based soil remediation standards*, Groundwater Services Inc., Houston, Texas, pagg. 1-34.

CONNOR J.A., BOWERS R.L., NEVIN J.P., FISHER R.T. (1998) *Guidance manual for RBCA TOOL KIT for Chemical Releases*, Groundwater Services Inc., Houston, Texas. DI

MOLFETTA A., AGLIETTO I. (1999) "La procedura di analisi di rischio sanitario ambientale" IGEA, *Ingegneria e Geologia degli Acquiferi*, n. 12, pagg. 67-78.

DOMENICO P.A. (1997) "An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species", *Journal of Hydrology*, v. 91, pagg. 49-58.

DOMENICO P.A., SCHWARTZ F.W. (1998) *Physical and Chemical Hydrogeology*, 2° ed., Wiley & Sons, New York, 1998.

E.P.A. (1989) Risk assessment guidance for superfund (RAGS). Vol. 1 Human Health Evaluation Manual, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

E.P.A. (1996) *Soil Screening Guidance. User's Guide*, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC 20460.

DTSC, (1993). "CalTOX, A Multimedia Total Exposure Model for Hazardous Waste Sites";

Harbaugh, A.W. and M. G. McDonald, 1996a, User's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model, USGS Open-File Report 96-485.

Zheng, C., 1990, MT3D, a modular three-dimensional transport model, S.S. Papadopoulos & Associates, Inc., Rockville, Maryland.

Zheng, C. and P. P. Wang, 1998, MT3DMS, A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. Documentation and user's guide. Departments of Geology and Mathematics, University of Alabama.

Xu, M., Eckstein, Y., Use of weighted least square method in evaluation of the relationship between dispersivity and scale, *Ground Water*, vol 33 n 6 pp 905-908, 1995

Gelhar, LW, Welty, C., Rehfeldt, KR, A critical review of data on field scale dispersion in aquifers *WatResRes* vol 28 n 7 pp 1955-1974, 1992

USEPA, Water quality assessment, a screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and ground water, Part II, EPA600/6-85/002b, 444 pp, ERL Athens, GA, 1985

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	51 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Marsily, G.de, Quantitative Hydrogeology – Groundwater Hydrology for engineers, Academic Press, NY, 1986, 380 pp

US EPA, (1989). “Guidelines for Risk Characterization in Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1, Human Health Evaluation Manual (Part A)”, Interim Final.;

US EPA, (1992). “Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications”;

USEPA (1997). “Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)”: Annual Update, FY 1997. National Center for Environmental Assessment (NCEA), Office of Research and Development and Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

USEPA (1998b). “Superfund Exposure Assessment Manual”, Office of Emergency and Remedial Response. Washington, D.C. 1988b;

USEPA (1999a). “Human Exposure Module for HWIR99 Multimedia, Multipathway, and Multireceptor Risk Assessment (3MRA) Model”. Office of Solid Waste, Washington, DC.

USEPA, (1984). “Risk Assessment and Management: Framework for Decisionmaking”;

USEPA, (1986a). “Guidelines for Carcinogen Risk Assessment”. 51 Federal Register 33992;.

USEPA, (1986b). “Guidelines for Exposure Assessment”. 51 Federal Register 34042;.

USEPA, (1986c). “Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures”. 51 Federal Register 34014

USEPA, (1988). “Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies Under CERCLA. Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. (OSWER Directive 9355.3-01);

USEPA, (1989). “Exposure Factor Handbook”. Office of Health and Environmental Assessment

USEPA, (1989). “Risk Assessment Guidance for Superfund: Environmental Evaluation Manual”. Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89/001A. (OSWER Directive 9285.7-01);

USEPA, (1989). “Risk Assessment Guidance for Superfund”, Volume I, Human Health evaluation Manual, part A, Washington DC, 1989;

USEPA, (1993), “MULTIMED: The Multimedia Exposure Assessment Model for Evaluating the Land Disposal of Wastes-Model Theory – Project Summary”, USEPA Environmental Research Laboratory, Athens GA.

USEPA, (1993). “Guidance for Assessing Health Risks of Emissions from Hazardous Waste Incineration Facilities”, Attachment 9;

USEPA, (1994). “Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds, Volume III: Site-Specific Assessment Procedures”. Review Draft;

USEPA, (1994a). “Methods for derivation of inhalation reference concentrations and application of inhalation dosimetry”, Washington (DC): Office of Research and Development; 1994;

USEPA, (1995). “Exposure Factors Handbook”, Review Draft;

USEPA, (1995). “Identification and Listing of Hazardous Wastes: Hazardous Waste Identification Rules (HWIR)”;

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	52 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

USEPA, (1995). "User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models". Office of Air Quality Planning and Standards..

USEPA, (1996). "Soil Screening Guidance: User's Guide, Attachment C: Chemical Properties for SSL Development", July 1996;

USEPA, (1997). "Exposure Factors Handbook". Office of Research and Development. NCEA;

USEPA, (1998). "Framework for Ecological Risk Assessment", 1998

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities" - Peer Review Draft, dated July 1998, <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/risk.htm>;

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities". Peer Review Draft 1998

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities". Peer Review Draft;

USEPA, (1998). "Integrated Risk Information System (IRIS)". Duluth, MN

USEPA, (1999). "Environmental Technology Verification Report Environmental Decision Support Software", Office of research and Development, October 1999;

USEPA. (1989). "Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I. Human Health Evaluation Manual" (Part A). OERR. Washington, D.C. OERR 9200 6-303-894

USEPA. (1992a). "Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications". Interim Report. EPA/600/8-91/011B. Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Exposure Assessment Group, Washington, D.C. January.

USEPA. (1995b). "Health Effects Assessment Summary Tables" FY-1995 Annual. EPA/540/R-95/036. 9200.6-303(95-1). PB95-921199. Office of Research and Development, Office of Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C. May.

USEPA. (1996a). "Soil Screening Guidance: Technical Background Document". EPA/540/R-95/128. 9355.4-17A. PB96-963502. Office of Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C. May.

USEPA. (1998c). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities", Volume Two. Appendix A. Peer Review Draft. EPA530-D-98-001B. Office of Solid Waste and Emergency Response. July.

DS 03 BO VA 01 SI RS 09.00	Analisi di rischio	00	30/04/2025	53 di 53
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	