



AIMAG S.p.A.

Discarica per rifiuti speciali non pericolosi

Comune di Medolla (MO), via Campana n.16

CONTINUITÀ DI ESERCIZIO DELLA DISCARICA ESISTENTE SITA NEL COMUNE DI MEDOLLA

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i - L.R. 4/2018 e s.m.i.

ELABORATO SIA 05.01 Analisi di rischio

0	22/10/2025	Prima emissione	Giulia Martinelli	Matteo Monti	Andrea Gollini
Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato

ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI S.R.L.

SEDE LEGALE E OPERATIVA

VIA ANTONIO MEUCCI 7 | 48124 RAVENNA
RAVENNA@ZGA.SRL | T. +39 0544 40 48 72

SEDE OPERATIVA

VIA ENRICO MATTEI 88 | 40138 BOLOGNA
BOLOGNA@ZGA.SRL | T. +39 051 60 11 72 1

P. IVA / C.F. 02330000395
PEC MAIL@PEC.ZGA.SRL
WWW.ZGA.SRL



- Indice -

1	PREMESSA	3
2	PROCEDURA DI ANALISI DEL RISCHIO	4
2.1	Generalità.....	4
2.2	Il TOOL Leach8	5
3	DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO.....	6
3.1	Caratteristiche della sorgente	8
<i>3.1.1</i>	<i>Inquadramento territoriale</i>	<i>8</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Caratteristiche geometriche della discarica</i>	<i>9</i>
<i>3.1.3</i>	<i>Caratteristiche costruttive.....</i>	<i>12</i>
<i>3.1.4</i>	<i>Rifiuti conferibili e criteri di ammissibilità</i>	<i>24</i>
<i>3.1.5</i>	<i>Caratterizzazione delle emissioni di percolato</i>	<i>31</i>
3.2	Caratterizzazione dei percorsi di esposizione	35
<i>3.2.1</i>	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	<i>35</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Caratterizzazione dei media ambientali.....</i>	<i>49</i>
4	ANALISI DI RISCHIO	52
4.1	Modalità di analisi.....	52
4.2	Dati di input all'analisi di rischio	55
4.3	Valori di accettabilità del rischio	56
4.4	Risultati dell'analisi di rischio.....	57
5	CONCLUSIONI.....	58

Allegati**Allegato 1** Output Software Leach8

1 PREMESSA

La discarica sita nel comune di Medolla (MO) è classificata ai sensi del D.Lgs. 36/2003, così come modificato dal D.Lgs. 121/2020, come *“discarica per rifiuti non pericolosi”*

La discarica di Medolla rappresenta uno degli impianti storici e strategici di cui si è dotata dapprima la Provincia di Modena, poi la Regione Emilia-Romagna, per sostenere e completare la gestione integrata dei rifiuti nel territorio di pertinenza.

Secondo le previsioni contenute nel Piano Regionale di Gestione Rifiuti (PRRB)¹, la discarica in oggetto arriverà all'esaurimento della capacità di conferimento dei rifiuti nel corso del 2026. Il progetto in esame prevede un'ulteriore capacità utile di abbancamento pari a circa 593.750 m³, corrispondente ad un quantitativo di rifiuti abbancabili pari a 475.000 tonnellate; tali volumi sono necessari per garantire la continuità al servizio di pubblica utilità svolto.

Difatti lo stesso Piano sopracitato evidenzia la necessità di consentire lo smaltimento all'interno della Regione dei flussi di rifiuti speciali che non hanno altre possibilità di destinazione se non il conferimento in discarica. Tra essi ricadono rifiuti che per loro natura presentano caratteristiche, per alcuni parametri, non conformi ai limiti della tabella 5 dell'Allegato 4 del D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

Per tali rifiuti si richiede deroga ai criteri di ammissibilità, richiedendo pertanto la riclassificazione della discarica come sottocategoria ai sensi del D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., art. 7-sexies *“discarica per rifiuti misti non pericolosi con elevato contenuto sia di rifiuti organici o biodegradabili che di rifiuti inorganici, con recupero di biogas”*.

La possibilità di ammettere rifiuti in deroga è tuttavia subordinata a valutazioni da effettuare, caso per caso, tenendo conto delle caratteristiche dei rifiuti, della valutazione di rischio con riguardo alle emissioni della discarica e dell'idoneità del sito, prevedendo deroghe per specifici parametri, secondo le modalità di cui all'Allegato 7 al decreto.

In particolare, la norma prevede che *“Le autorizzazioni, motivando adeguatamente, ammettono nelle sottocategorie di discariche anche rifiuti caratterizzati da parametri DOC e TSD diversi da quelli della tabella 5 dell'Allegato 4, nei limiti indicati dalla procedura di valutazione del rischio di cui all'Allegato 7”*.

Scopo della presente relazione è quindi quello di determinare, ai sensi dell'Allegato 7 del D. Lgs. 36/2003 e s.m.i., se sia accettabile il rischio di esercire la discarica secondo il regime di deroga richiesto.

¹ Piano Regionale di Gestione Rifiuti della Regione Emilia-Romagna, approvato con D.A.L. n. 87 del 12/07/2022

2 PROCEDURA DI ANALISI DEL RISCHIO

2.1 GENERALITÀ

La Valutazione del Rischio può essere definita come un *“processo sistematico per la stima di tutti i fattori di rischio significativi che intervengono in uno scenario di esposizione causato dalla presenza di pericoli”*.

Il processo di valutazione fornisce il grado di importanza dei rischi potenziali esaminati per il caso specifico, da confrontare con una base di riferimento univoca corrispondente al livello di accettabilità / attenzione fissato in linee guida stabilite da parte di Enti ed Organismi di programmazione e salvaguardia ambientale nazionali e/o internazionali.

La modalità diretta permette di stimare il rischio per il recettore esposto, sia posto in prossimità del sito (on-site) che ad una certa distanza (off-site), conoscendo la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione. Fissando invece il livello di rischio ritenuto accettabile per il recettore esposto, la modalità inversa permette il calcolo della massima concentrazione in sorgente compatibile con la condizione di accettabilità del rischio.

Nel contesto del presente studio è stato utilizzato il Tool Leach8 2.0, un software sviluppato nell'ambito della rete Reconnet *“Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati”* con l'obiettivo di fornire uno strumento che permetta di applicare la procedura di Analisi di Rischio alle discariche per la sorgente percolato in accordo con il Manuale ISPRA per le discariche del 2005 e le disposizioni all'Allegato 7 del D.Lgs. n. 36/2003, così come modificato dal D.Lgs. n. 121/2020.

Il livello di approfondimento della presente Analisi di Rischio è equiparabile a una analisi di livello 2 (*“tier 2”*) secondo la classifica per la procedura RBCA. Il grado di dettaglio con cui è stato predisposto il set di dati per l'applicazione ha permesso di sviluppare una valutazione sito-specifica per la stima della concentrazione al punto di esposizione considerando un mezzo omogeneo e isotropo.

Riferimenti normativi e tecnici alla base della metodologia sviluppata dallo strumento sono costituiti da:

- D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36. Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. GU n. 59 del 12-3-2003- Suppl. Ordinario n.40.
- ISPRA (2005). *“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche”*, giugno 2005, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici. Attualmente ritirato.
- ISPRA (2008). *Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati. Revisione 2 del marzo 2008*, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.
- ISPRA (2011). *Nota integrativa della nota ISPRA prot. n. 30237 del 16/09/2010, sull'applicazione della circolare del Ministero dell'ambiente della Tutela del Territorio e del Mare n. 0014963 del 30/06/2009. Prot. ISPRA n. 36365 del 31/10/2011”*.
- D.Lgs. 3 settembre 2020, n. 121. Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. GU Serie Generale n.228 del 14-09-2020.

2.2 IL TOOL LEACH8

Reconnet *“Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati”* nasce da un accordo tra il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma *“Tor Vergata”* e Istituti di Ricerca ed Agenzie Ambientali, con l'obiettivo di fornire un contributo alla soluzione delle principali criticità di carattere tecnico e normativo della gestione e bonifica dei siti contaminati, incoraggiando la collaborazione e promuovendo i contatti e gli scambi di informazioni tra enti di ricerca, enti di controllo ed imprese.

Il tool Leach8 nasce in seno a tale progetto con l'obiettivo di fornire uno strumento che permetta di applicare la procedura di Analisi di Rischio alle discariche per la sorgente percolato. In particolare, nell'ultima versione (2.0), il software permette di calcolare la concentrazione ammissibile in discarica, per la concessione delle deroghe ai sensi dell'art. 7-quinques (specifico per Sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi) o art. 16-ter (Deroghe) del D.Lgs. 36/2003 e ss.mm.ii.

Lo strumento di calcolo è stato sviluppato in Visual Basic per lavorare in ambiente Microsoft Excel e permette di operare in due distinte modalità *“Backward”* e *“Forward”*.

In modalità *“backward”* il tool permette di calcolare la concentrazione ammissibile in discarica, a partire dalla concentrazione accettabile nelle acque sotterranee e dal fattore di lisciviazione sito-specifico calcolato in funzione delle caratteristiche definite dall'utente. In particolare, lo strumento di calcolo è stato sviluppato facendo riferimento all'Allegato 7 del D.Lgs. n. 36/2003, così come modificato dal D.Lgs. n. 121/2020.

Inoltre, qualora dal punto di vista tecnico e scientifico si intendesse valutare anche il contributo di impermeabilizzazione della geomembrana in HDPE (che viene invece esclusa dalla valutazione del rischio secondo quanto previsto nell'Allegato 7 sopracitato), il Leach8 v. 2.0 ha mantenuto le formule citate nel Parere ISPRA del 31 ottobre 2011 (prot. ISPRA n. 36365) redatto nel contesto del tavolo tecnico istituito dalla Regione Veneto con DGRV 1766/2010, coordinato dalla Direzione regionale Ambiente, tra Regione, URPV (Unione regionale delle Province del Veneto) ed ARPAV.

Infine, il tool permette di calcolare in modalità *“Forward”* la concentrazione attesa in falda al Punto di Conformità (POC) a partire dalla concentrazione misurata in discarica e in funzione delle caratteristiche definite dall'utente.

3 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Per attuare un'Analisi di Rischio è innanzitutto necessario definire il Modello Concettuale del Sito cui riferirsi (MCS). Esso rappresenta una semplificazione il più dettagliata possibile del sito in esame secondo i tre principali elementi:

- sorgente;
- percorso;
- bersaglio.

Nel caso in esame **la prima componente corrisponde alla discarica stessa**, che viene considerata quale ipotetica sorgente primaria di emissioni liquide (percolato) che a loro volta possono contaminare il terreno e/o le acque sotterranee, che andrebbero a costituire le sorgenti secondarie di potenziale contaminazione.

Le informazioni per la caratterizzazione della discarica, approfondite nei paragrafi successivi, includono:

- valutazioni sito-specifiche;
- geometria e volumi della discarica;
- caratteristiche costruttive;
- tipologia e caratteristiche dei rifiuti.

Le emissioni prese in considerazione invece si riferiscono al percolato, ossia il liquido che si origina prevalentemente dall'infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti o dalla decomposizione degli stessi. Per la sua caratterizzazione si è tenuto conto del regime di deroga che si richiede possa essere autorizzato.

Avendo definito il termine sorgente, il modello concettuale deve poi identificare tutti gli specifici percorsi mediante i quali le emissioni potrebbero potenzialmente essere trasportate. I percorsi delle sostanze prodotte e quindi fuoriuscite dalla discarica possono essere individuati nei diversi comparti di suolo, aria, acque sotterranee e acque superficiali con modalità dipendenti dalla natura delle sostanze stesse e dei mezzi attraversati.

Nello specifico del nostro contesto si considera come potenziale via di esposizione una perdita di percolato dal fondo del corpo di discarica in seguito a un danno o a un difetto dei sistemi di impermeabilizzazione di fondo.

Quale percorso di migrazione dei contaminanti si considera quindi, come previsto dall'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., la percolazione nel terreno.

Infine, si individuano i possibili recettori o bersagli potenzialmente interessati dallo scenario oggetto di esame. In un'analisi di rischio, le principali categorie di recettori sono:

- uomo;
- aria;
- acque;
- suolo.

L'uomo è in genere considerato il recettore diretto della contaminazione; può comunque essere utile tener in conto anche altri recettori, presenti nei vari comparti ambientali (aria, acque e suolo), con cui si può stimare indirettamente l'esposizione umana. Ad esempio, la valutazione dell'esposizione di un recettore di tipo indiretto, come le acque sotterranee, può essere effettuata verificando la qualità delle acque nel rispetto della potabilità per l'uomo.

Nel caso in esame, come si vedrà, in accoglimento di quanto previsto nell'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., **il bersaglio individuato è la falda**.

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

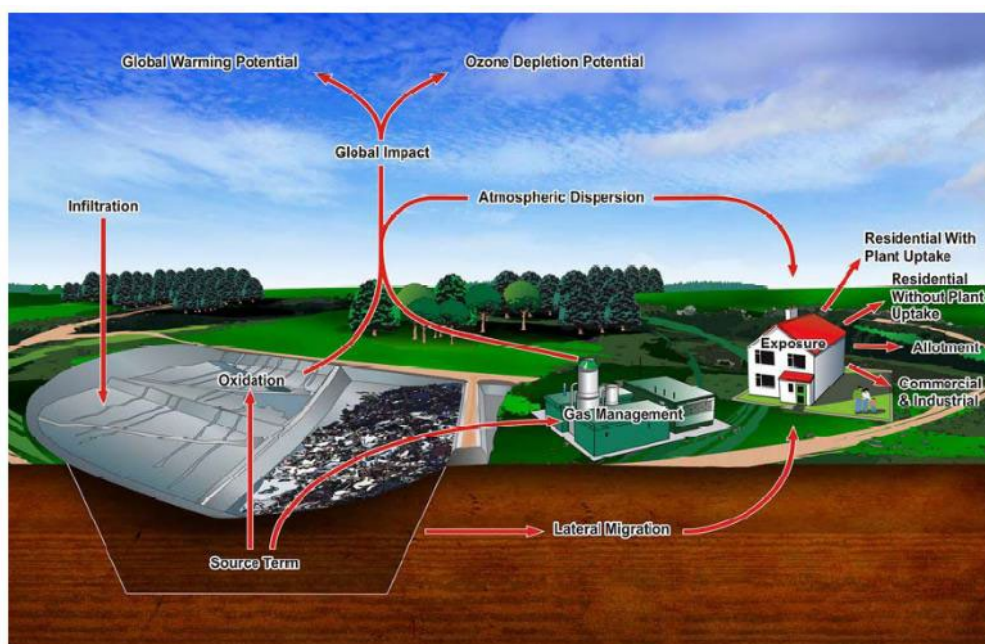


Figura 1 – Modello Concettuale per una discarica

La presente procedura di Analisi di Rischio viene redatta in ottemperanza a quanto previsto dall'Allegato 7 del D.Lgs. 36/03 e s.m.i e pertanto il criterio di accettabilità del rischio è il rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)² per le acque sotterranee nel punto di conformità (POC) posto sulla verticale della discarica.

Per tale motivo il MCS risulta semplificato come segue:

- percorso: percolazione dal fondo discarica;
- bersaglio: acque sotterranee.

In assenza di prelievi da falda all'interno ed in prossimità del sito discarica, il rispetto delle CSC sulla verticale della discarica consente di escludere a priori eventuali contaminazioni della falda esterne al sito e, pertanto, l'esposizione di persone a concentrazioni superiori alle CSC. Di seguito si procede alla descrizione del MCS, evidenziando i parametri utili ai fini dello sviluppo dell'analisi di rischio.

² Tabella 2, allegato 5 al Titolo Quinto della Parte Quarta D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

3.1 CARATTERISTICHE DELLA SORGENTE

3.1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dalla discarica in esame è situata nella parte nord della provincia di Modena, all'interno del territorio comunale di Medolla. Nello specifico l'area della discarica è localizzata nella zona sud del Comune di Medolla, a breve distanza dal limite comunale con i territori dei comuni di S. Prospero e Camposanto. L'impianto occupa un settore di circa 18 ettari esteso tra Via Campana a Nord e la Fossetta Rovere a Sud, circondato prevalentemente da zone agricole.

I centri abitati più prossimi sono i seguenti:

- San Felice sul Panaro, sito a 6 km di distanza in direzione nord-est;
- Medolla, a distanza di 3,5 km in direzione nord-nord-ovest;
- Cavezzo, sito a 5 km di distanza in direzione ovest – nord-ovest;
- Camposanto, sito a 5 km di distanza in direzione est – sud-est;
- la frazione di Solara di Bomporto, sita a 5,2 km di distanza in direzione sud.

In adiacenza a Via Campana scorre un fosso ad uso promiscuo agricolo e irriguo, Fossetta Campana, mentre all'estremità sud della discarica scorre un altro fosso ad uso promiscuo irriguo e di scolo denominato Fossetta Rovere.



Figura 2 – Localizzazione del sito impiantistico

Il sito è censito nella C.T.R. nella SEZIONE n. 184130 Medolla e Tavola 184SO Mirandola.

Catastalmente l'area di intervento è censita al Mappale n. 40, 41, 59 e 60 Foglio n. 25 del Comune di Medolla.

3.1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA DISCARICA

3.1.2.1 DIMENSIONI DELLA DISCARICA

L'impianto esistente appare oggi come un unico cumulo composto da diversi corpi di discarica realizzati in momenti successivi a partire dal 1978 (anno di apertura).

L'area Est, trapezoidale, è la porzione originaria dell'impianto, dove si trovano le infrastrutture e le reti di servizio. Ha una lunghezza massima di circa 600 metri, una larghezza media di 170 metri e una superficie complessiva di circa 100.000 m². Dopo il terremoto del 2012, è stata utilizzata per il deposito delle macerie degli edifici crollati. Con Determinazione n. 173/2015 è stato poi autorizzato un riassetamento morfologico tramite la realizzazione di due nuovi lotti (A e B), per una superficie totale di circa 30.000 m², con conferimenti riattivati fino al 2017 per un totale di 106.400 tonnellate di rifiuti abbancati.

Le operazioni di copertura definitiva su questi lotti sono state completate e la discarica si trova in fase di gestione post-operativa a far data dal 01/06/2019 così come indicato nella Determinazione n. DET-AMB-2020-1805 del 21/04/2020.

La porzione Ovest è composta da quattro lotti da 150.000 m³ ciascuno, per un totale di 600.000 m³. I lotti 1 e 2 sono stati realizzati nel 2000-2001 e risultavano esauriti al 27/03/2003. Per tale porzione è stato approvato il piano di adeguamento ai sensi del D.Lgs. 36/03 con Determinazione n. 42 del 21/01/2005 della Provincia di Modena: *"Approvazione piano di adeguamento discarica per rifiuti non pericolosi (ex 1^a categoria) sita in Via Campana, Comune di Medolla (MO)"*.

Con Determinazione n. 537 del 13/11/2008 è stata autorizzata la riattivazione con sopraelevazione dei lotti 1 e 2, per un massimo di 56.000 tonnellate (pari a 48.696 m³), durante la coltivazione dei lotti 3 e 4. Successivamente, con Determinazione n. 140 del 06/10/2015 la parte Ovest è stata dichiarata in gestione post-operativa ai sensi dell'art.12 del D.Lgs. 36/2003 a far data dal 30/10/2015.

Nel 2019, il gestore ha presentato un progetto sottoposto a VIA, approvato con DGR 1867-2020, che prevedeva la realizzazione di un **raccordo morfologico** non strutturale tra i cumuli presenti nelle parti Est e Ovest, attualmente in fase di coltivazione.

La risagomatura delle morfologie ha portato alla formazione di un unico cumulo finale, privo di depressioni centrali. L'incremento della capacità volumetrica rispetto a quella precedentemente autorizzata è pari a 350.000 m³, consentendo lo smaltimento di ulteriori 245.000 tonnellate di rifiuti nel periodo 2021-2026.

Al fine di garantire la continuità del servizio, il presente progetto prevede l'incremento della **capacità volumetrica utile** per lo smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi pari a 593.750 m³, in parte in sopraelevazione e in parte in ampliamento rispetto all'attuale sedime della discarica.

L'ampliamento verrà sviluppato in un totale 9 fasi, ognuna delle quali comporta un incremento volumetrico di 75.000 m³, partendo da un volume iniziale di 112.500 m³ nella Fase 1. Con l'aggiunta di

ciascuna fase, il volume complessivo cresce fino a raggiungere un totale di 715.000 m³ (considerando anche i volumi tecnici) nella Fase 9.

Rispetto allo stato autorizzato, si avrà un'espansione non solo in sopraelevazione ma anche orizzontale, occupando circa 14.700 m² di superficie di sedime, che verranno coltivati con le ultime fasi gestionali n. 8 e 9.

La geometria della discarica, quindi, al suo massimo sviluppo prevede un unico corpo di discarica con superficie totale pari a 139.000 m².

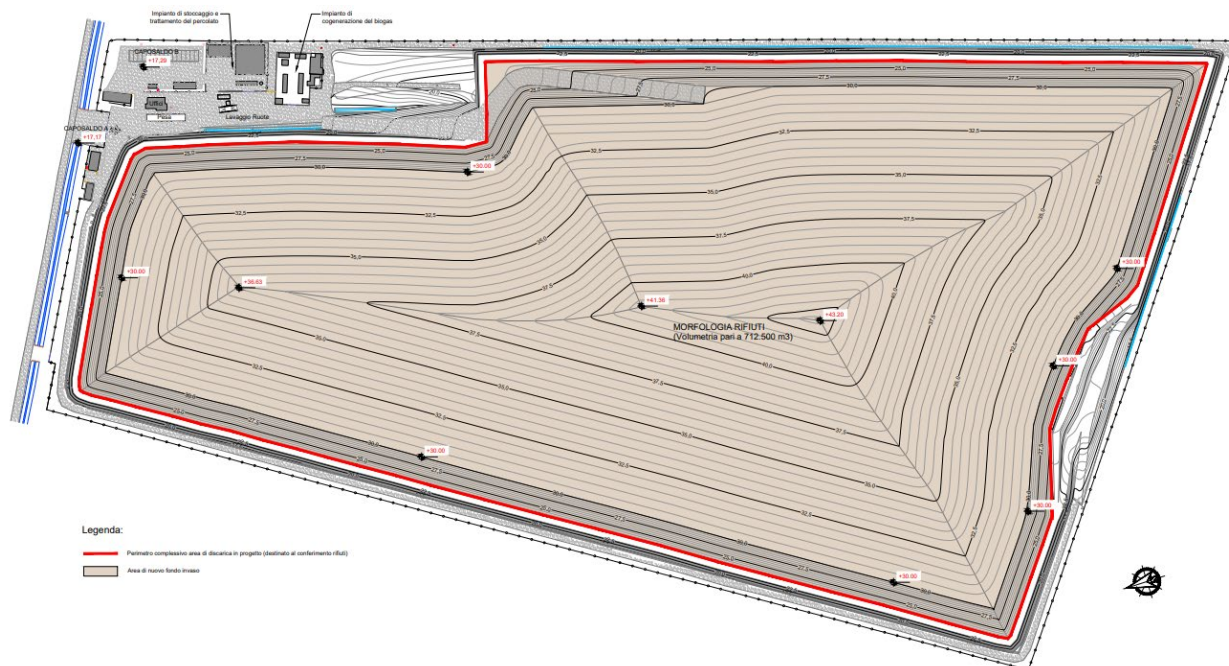


Figura 3 – Configurazione di progetto al termine della coltivazione
[Stralcio Tavola 3.2 "Planimetria generale dello stato di progetto (cumulo rifiuti)"]

3.1.2.2 SUPERFICIE DI FONDO DELLA DISCARICA

Il modello concettuale sviluppato per l'impianto in esame fa riferimento all'ipotesi conservativa relativa alla geometria delle vasche della discarica: **l'Analisi di rischio viene sviluppata considerando tutto il nuovo volume, in quanto per l'intero settore si richiede di potere operare in regime di deroga ai sensi dell'art. 7-sexies del D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.**

Si assume quindi come potenziale sorgente primaria di contaminazione l'area costituita dalla superficie di fondo dell'intero corpo di discarica nella configurazione finale, ipotizzando che possa essere coinvolta dal rilascio di percolato nella sua interezza.

Nel caso in esame l'area di fondo è stata calcolata considerando con ipotesi cautelativa la superficie totale del corpo di discarica pari a 139.000 m².

Tale superficie include sia porzioni in ampliamento con sedime (ossia a contatto diretto con il terreno), sia porzioni in sopraelevazione su aree già coltivate.

Ai fini dell'analisi di rischio, si è assunto che l'intera superficie sia a diretto contatto con il suolo, rappresentando lo scenario più conservativo.

La configurazione è illustrata nel successivo § 3.1.3.1, e in particolare nelle Figura 10 e Figura 11 che evidenziano le diverse tipologie di fondo.

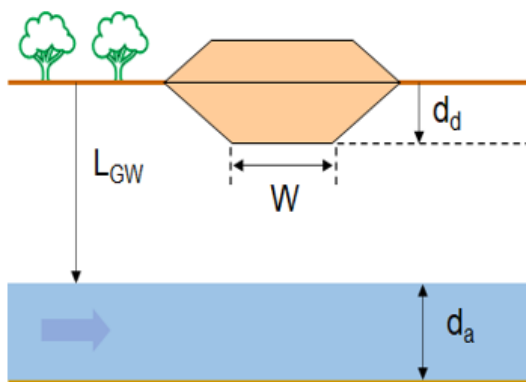


Figura 4 – Schema semplificato del MCS con individuazione di alcuni parametri [Manuale di Leach8 2.0]

3.1.2.3 ESTENSIONE DISCARICA NELLE DIREZIONI DEL FLUSSO

Assumendo il flusso di falda da Sud-Ovest a Nord-Est (§ 3.2.1), la dimensione della discarica nella direzione principale al flusso di falda risulta pari a circa 560 m mentre in direzione ortogonale al flusso si stima un valore di circa 380 m.



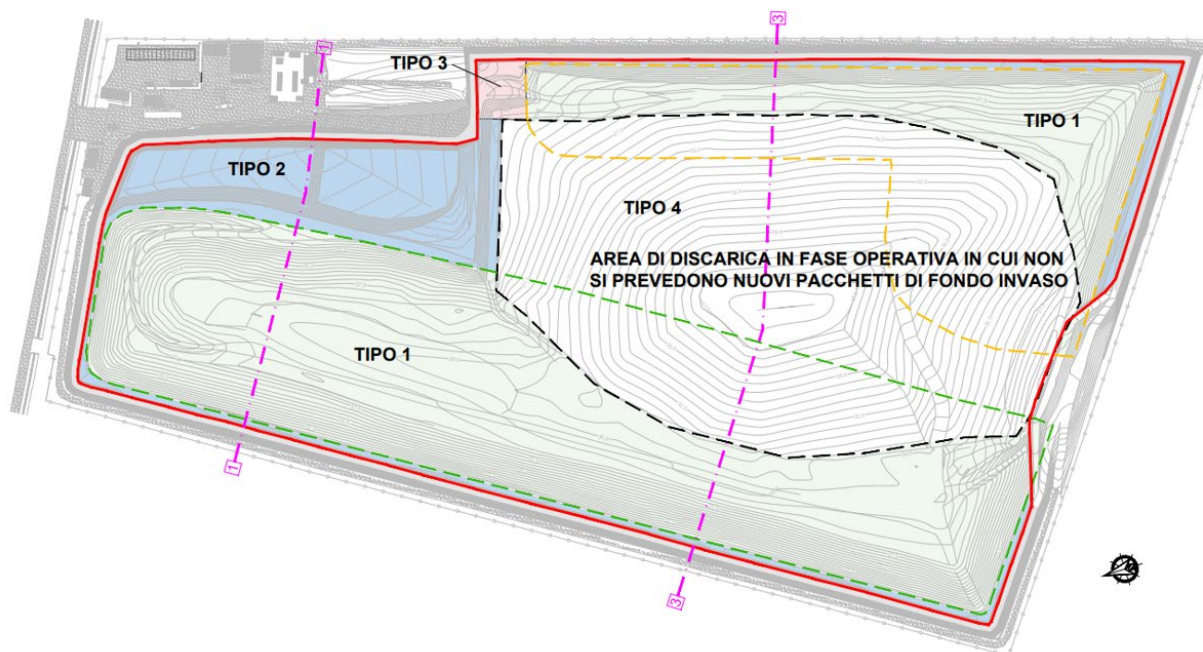
Figura 5 – Dimensioni principali nelle direzioni del flusso di falda

3.1.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

3.1.3.1 BARRIERA DI FONDO

Come rappresentato nella figura seguente il progetto (delimitato con polilinea rossa nella successiva Figura 6) interviene su 4 differenti areali, ciascuno caratterizzato da una diversa tipologia di fondo di barriera:

1. sopraelevazione su parti coperte in modo coerente alla stratigrafia prevista dal testo originale del D.lgs. 36/2003, con strato di impermeabilizzazione realizzato con una geomembrana in hdpe dello spessore di 1,5 mm;
2. area di sedime della discarica, coincidente con l'area attualmente occupata dalle vasche di stoccaggio del percolato ed approntata per la gestione delle fasi gestionali 8 e 9, area su cui verrà realizzata una barriera di fondo ed in sponda pienamente conforme al testo aggiornato del D.lgs. 36/2003, quindi nella versione coordinata con il D.lgs. 121/2020;
3. sopraelevazione su una porzione della originale discarica Est, finora non oggetto di autorizzazioni con la normativa in materia di discariche e coperta unicamente con terreno, su cui si procederà, come nel caso già esaminato nell'intervento del "raccordo morfologico", con la creazione di una specifica barriera di fondo ai sensi della normativa vigente;
4. sopraelevazione su raccordo morfologico: in questo caso si opera in continuità, senza prevedere alcun intervento sull'area attualmente in gestione operativa.



Legenda:

—	Perimetro complessivo area di discarica in progetto (destinato al conferimento rifiuti)		Realizzazione di nuova arginatura perimetrale in TERRE RINFORZATE e relativa pista di accesso
- - -	Perimetro raccordo morfologico (in gestione operativa)		Pacchetto di fondo invaso TIPO 1
- - -	Perimetro lotti 1+4 ampliamento ovest		Pacchetto di fondo invaso TIPO 2
- - -	Perimetro lotti A B ripristino est		Pacchetto di fondo invaso TIPO 3

Figura 6 – Pacchetti di fondo [stralcio Tavola 3.08 “Particolari costruttivi del fondo invaso”]

Tipo 1. Sopraelevazione su porzione dei lotti 1-4 ovest e lotti A e B ripristino est non interessate dal raccordo morfologico

Le porzioni dei lotti 1-4 e dei lotti A e B del ripristino est non interessate dal raccordo morfologico approvato nel 2020 sono dotate di un **pacchetto di copertura** così descritto dal basso verso l'alto:

- strato di regolarizzazione (strato 5) con spessore variabile in terra o con rifiuti idonei autorizzati per la realizzazione di coperture giornaliere ed intermedie;
- strato di drenaggio del gas (strato 4) costituito da un geocomposito drenante, integrato da uno spessore di almeno 50 cm di materiale inerte naturale e/o MPS;
- strato impermeabile (strato 3) costituito da una geomembrana in HDPE da 1,5 mm, protetta inferiormente da un geotessile da 500 g/m². Il telo artificiale è ulteriormente protetto, nei confronti del sottostante materiale drenante, da uno strato di spessore 30 cm realizzato con rifiuti a codice CER previsto per tale scopo (operazione di recupero R5 ai sensi dell'allegato C alla parte IV del D.Lgs. 152/2006);
- strato di drenaggio delle acque meteoriche (strato 2) costituito da un geocomposito drenante;
- strato superficiale (strato 1) con spessore minimo di 100 cm di terreno vegetale, con strato che può essere ottenuto anche con la posa di un primo livello, dello spessore di 50 cm, realizzato con una miscela di biostabilizzato miscelato a terreno nella proporzione del 50%.

Il fondo dei lotti 3 e 4 è pienamente conforme al D.Lgs. 36/2003 nella sua versione originaria, mentre il fondo dei lotti 1 e 2 e il fondo dei lotti A e B risulta conforme per equivalenza alla norma.

Essendo comunque già posato un capping di copertura finale, la sopraelevazione sulle porzioni di discarica avverrà mediante la rimozione degli strati superiori della copertura, fino alla messa a vista della geomembrana (strato 3), sulla quale verrà steso un geotessile di protezione da 1.200 g/m² e poi la platea drenante di 50 cm, con materiali di cui alle classi A1 e A3 della classificazione HRB AASHTO e $k > 1 \times 10^{-5}$ m/s.

Nella figura seguente si riporta la composizione del pacchetto di fondo invaso di tipo 1.

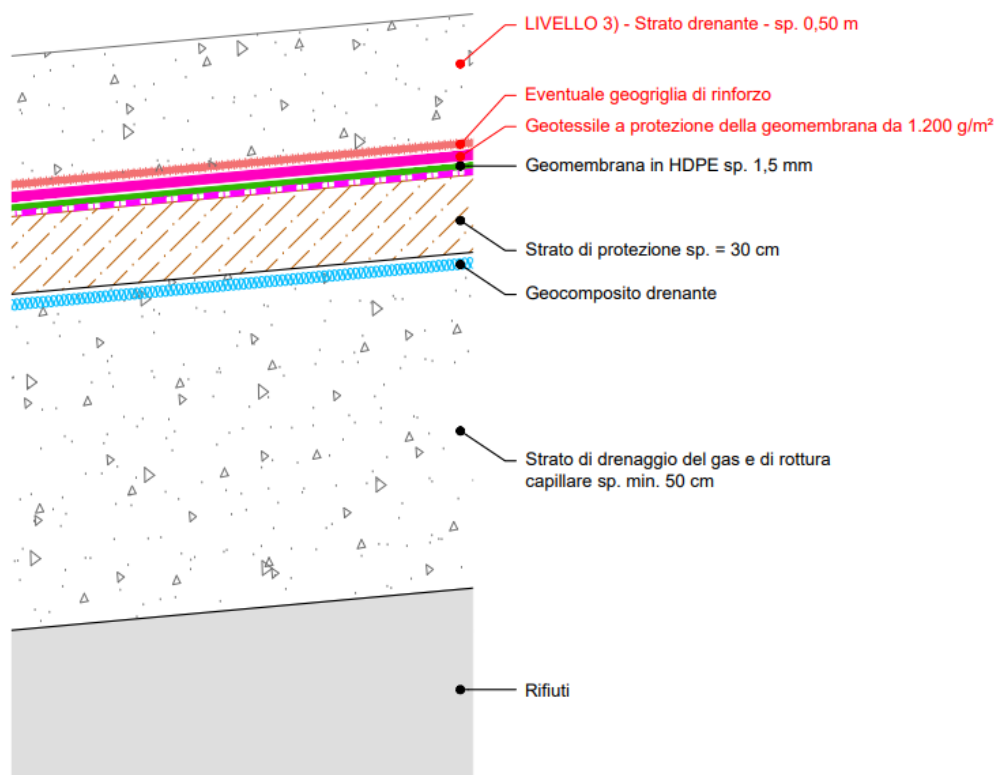


Figura 7 – Pacchetto di fondo invaso di Tipo 1 [stralcio Tavola 3.08 “Particolari costruttivi del fondo invaso”]

Tipo 2. Aree di sedime occupata dalle attuali vasche del percolato

L'intervento che interessa l'area di sedime dove sono presenti le vasche di stoccaggio del percolato che non risulta essere ancora approntata ad attività di smaltimento rifiuti, opera su una formazione naturale a matrice argillosa a bassa permeabilità, con valori di permeabilità e spessore del tutto coerenti con i criteri costruttivi di norma.

Tale affermazione è supportata dalle indagini effettuate nel corso del 2018 nell'ambito dell'intervento di adeguamento morfologico, la cui rielaborazione è avvenuta a cura della dott. geol. Rita Ballista all'interno della *“Relazione geognostica sulle indagini eseguite in sito modellazione geologica del sito e caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni analisi sismica del sito riportante la pericolosità sismica di base”* (elaborato 04 del progetto definitivo), ripresa anche nel successivo § 3.2.1.

Si tratta quindi di un areale in cui sono presenti sia la barriera geologica naturale che un ulteriore strato di materiale naturale che potrà essere vantaggiosamente utilizzato per la costruzione della impermeabilizzazione artificiale, con lavorazioni che non comporteranno la fornitura di terre a bassa permeabilità da cave di prestito.

In corrispondenza di questa area la barriera di base della discarica viene realizzata, dal basso verso l'alto, come previsto dal testo coordinato del D.Lgs. 36/2003 con il più recente D.Lgs. 121/2020:

- livello 1) barriera geologica naturale con spessore > 1 m e permeabilità $k < 1 \times 10^{-9}$ m/s;

- livello 2 a) strato di impermeabilizzazione artificiale con spessore $s \geq 1$ m e permeabilità $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s, realizzato con terreni naturali e/o miscele di terreni naturali, comunque, presenti nell'area tecnologica e compattati fino a garantire la permeabilità prescritta, con verifica condotta con prove eseguite da tecnici in campo;
- livello 2 b) geomembrana in hdpe, spessore di almeno 2,5 mm, conforme alla norma UNI per geomembrane lisce o ad aderenza migliorata;
- livello 2 c) strato di protezione della geomembrana realizzato con geotessile non tessuto di caratteristiche meccaniche tali da rispettare i requisiti di norma:
 - resistenza a trazione minima nelle due direzioni longitudinale e trasversale: 60 kN/m (rif. norma UNI EN ISO 10319);
 - resistenza al punzonamento statico minima: 10 kN (rif. norma UNI EN ISO 12236);
 - massa areica minima: 1200 g/m² (rif. norma UNI EN 9864);
- livello 3) strato drenante dello spessore minimo di 50 cm, realizzato con materiali di cui alle classi A1 e A3 della classificazione HRB AASHTO e $k > 1 \times 10^{-5}$ m/s.

Come da indicazioni riferite nell'Allegato 1 al decreto, il materiale drenante sarà costituito da un aggregato grosso marcato CE (indicativamente ghiaia/pietrisco di pezzatura 16-64 mm), a basso contenuto di carbonati (< 35 %), lavato, con percentuale di passante al vaglio 200 ASTM <3%. Il materiale avrà granulometria uniforme, con un coefficiente di appiattimento < 20 (secondo UNI EN 933-3) e diametro minimo $d > 4$ volte la larghezza delle fessure del tubo di drenaggio.

Nella figura seguente si riporta la composizione del pacchetto di fondo invaso di tipo 2.

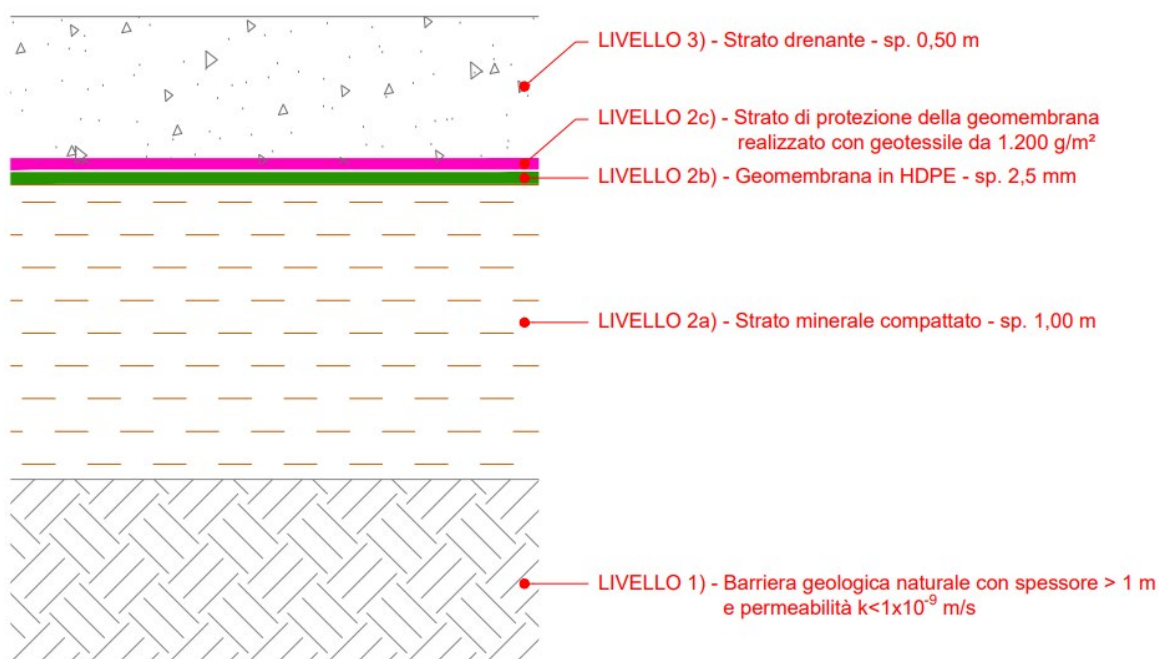


Figura 8 – Pacchetto di fondo invaso di Tipo 2 [stralcio Tavola 3.08 "Particolari costruttivi del fondo invaso"]

Tipo 3. Sopraelevazione su porzione della parte est non interessata da ripristini successivi

L'area di discarica est presenta un fondo invaso conforme alla norma per equivalenza, come dimostrato dall'ing. Marco Torresendi in occasione del progetto del ripristino di parte della discarica ad est (si veda il punto precedente).

L'approntamento interessa quindi la sola parte della vecchia discarica est, attualmente coperta con terreno senza l'impiego di teli impermeabili, in cui si prevede di procedere, come già approvato per le aree con stessa stratigrafia individuate nel raccordo morfologico, con la costruzione di una barriera di fondo a separazione tra discarica sottostante e sopraelevazione.

In analogia a quanto già approvato ed attuato con il raccordo morfologico, per questa porzione il progetto prevede la costruzione di una barriera di separazione costituita da:

- strato di 50 cm per il drenaggio dei gas;
- geocomposito drenante;
- strato di protezione di 30 cm con materiali a bassa permeabilità;
- geomembrana in hdpe con spessore maggiore di 2,5 mm da collegare con saldatura a quella del capping dei lotti A e B del ripristino già realizzato;
- geotessile di protezione da 1.200 gr/m²;
- una platea drenante di 50 cm con materiali di cui alle classi A1 e A3 della classificazione HRB AASHTO e $k > 1 \times 10^{-5}$ m/s.

Nella figura seguente si riporta la composizione del pacchetto di fondo invaso di tipo 3.

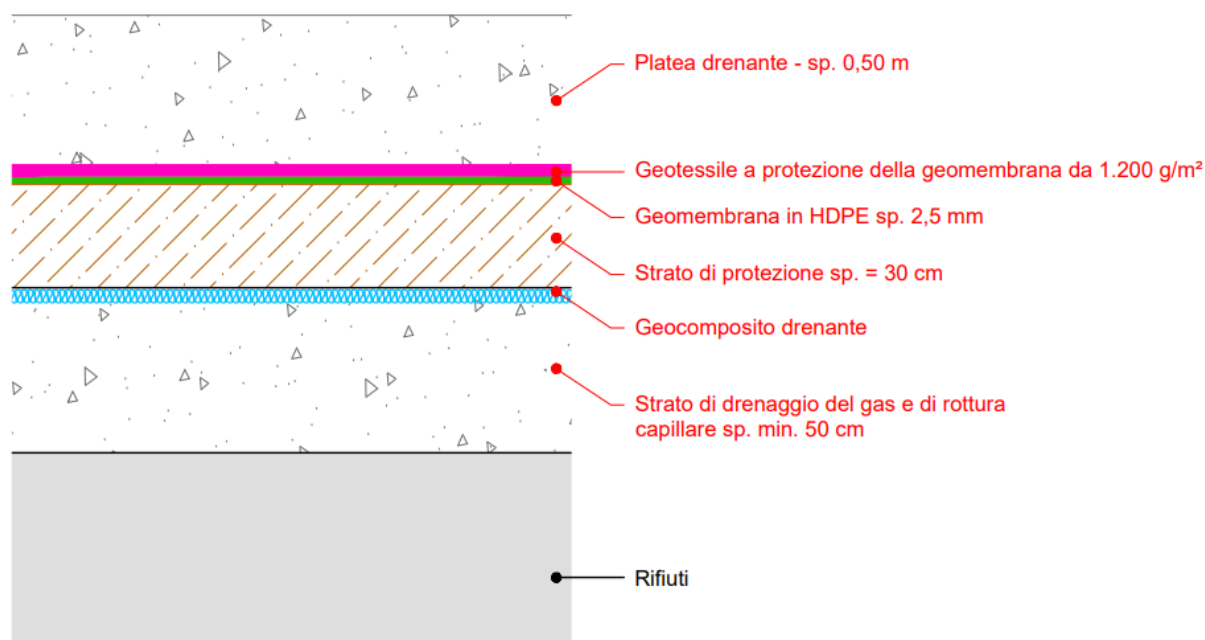


Figura 9 - Pacchetto di fondo invaso di Tipo 3 [stralcio Tavola 3.08 "Particolari costruttivi del fondo invaso"]

4. Sopraelevazione su raccordo morfologico.

L'area interessata dal progetto si svilupperà anche nell'attuale area di discarica in fase operativa per il progetto denominato "Raccordo morfologico" in cui non si prevedono nuovi pacchetti di fondo invasivo.

Il raccordo morfologico si è insediato su diversi areali:

- aree coperte in modo definitivo conformi al D.Lgs. 36/2003 (porzione lotti 1-4 ovest e porzione ripristino lato est lotti A e B) il cui pacchetto di copertura, al netto della rimozione del metro vegetale superficiale, è stato utilizzato quale separazione fisica ed idraulica tra il raccordo e i lotti sottostanti. Il pacchetto di copertura che era stato posato (costituito da regolarizzazione, 50 cm di strato di drenaggio dei gas, geocomposito drenante, strato di 30 cm a protezione della geomembrana, geotessile, geomembrana in hdpe da 1,5 mm) è stato integrato per la predisposizione del fondo del raccordo, con un geotessile di protezione da 1.200 gr/m^2 e da una platea drenante in ghiaia da 50 cm;
- area di discarica est non oggetto di ripristino, coperta con terreno senza l'impiego di teli impermeabili, sulla quale il progetto del raccordo ha previsto la costruzione di una barriera di separazione costituita da uno strato di protezione di 30 cm e una geomembrana in hdpe da 1,5 mm saldata a quella del capping dei lotti A e B del ripristino, su cui è stato posato un geotessile di protezione da 1.200 gr/m^2 e una platea drenante in ghiaia da 50 cm;
- porzione di discarica centrale lato nord su cui non sono mai stati depositati rifiuti, sulla quale è stato realizzato un pacchetto di impermeabilizzazione del fondo pienamente conforme al D.Lgs. 36/2003, così come integrato dal D.Lgs. 121/2020, con 100 cm di argilla compattata con $k \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, geomembrana in hdpe da 2,5 mm, geotessile di protezione di protezione da 1.200 g/m^2 e platea drenante in ghiaia da 50 cm. La geomembrana è stata saldata alle geomembrane presenti nelle altre porzioni.

Il raccordo morfologico presenta dunque un fondo invasivo pienamente conforme alla norma, o conforme per equivalenza, ed essendo tuttora in fase di coltivazione è possibile procedere alla sopraelevazione dei rifiuti su questo areale in continuità, senza apporre una barriera di separazione.

Nell'ambito della presente valutazione di analisi di rischio, si assume che l'intero fondo della discarica sia a diretto contatto con il suolo, indipendentemente dalle effettive caratteristiche stratigrafiche dei singoli areali.

Tale ipotesi consente di rendere il modello concettuale del corpo discarica più omogeneo e gestibile per le simulazioni, **oltre a rappresentare uno scenario estremamente conservativo in quanto non si tiene conto della maggiore distanza dalla falda indotta dalle sopraelevazioni.**

In coerenza con tale ipotesi si esclude dall'analisi il livello di impermeabilizzazione artificiale in quanto non presente in tutti i settori. Si considera invece la presenza della barriera geologica naturale con spessore pari a 38 metri, ossia lo spessore sino al primo acquifero significativo individuato in sito.

Si assume come permeabilità verticale dello strato geologico naturale il **valore massimo registrato dalle indagini sito specifiche pari a $2,55 \times 10^{-9} \text{ m/s}$** . Nonostante, infatti, le prove in situ attestino la presenza di uno strato geologico naturale di base con una permeabilità pari a $6 \times 10^{-10} \text{ m/s}$, localmente sono

presenti alcune lenti limo-sabbiose che inficiano la compattezza delle argille. Per tener conto di tali disomogeneità, è stato quindi adottato un valore medio più cautelativo, inferiore di un ordine di grandezza.

Viene inoltre considerata la presenza della geomembrana in quanto presente in tutti i pacchetti di fondo invaso così come precedentemente descritti.

Tale ipotesi contribuisce a mitigare l'elevato grado di cautela introdotto dall'assumere l'intero corpo di discarica a contatto diretto con la barriera geologica naturale e la massima permeabilità verticale, rendendo il modello più aderente alla realtà del sito.

Inoltre, in considerazione del fatto che le geomembrane sono di nuova posa, si assume che esse presentino una buona aderenza al sottofondo.

In sintesi, dunque, ai fini del modello concettuale, si assumono le seguenti caratteristiche del fondo di discarica.

Parametro	Uda	Valore
Area di fondo	m ²	139.000
Spessore dello strato geologico naturale	m	38
Permeabilità dello strato geologico naturale	m/s	$2,55 \cdot 10^{-9}$
Aderenza geomembrana	-	Buona

Tabella 1 – Caratteristiche della barriera di fondo



Il progetto prevede che il punto morfologicamente più depresso all'interno del futuro corpo discarica si avrà in corrispondenza della parte di invaso non in sopraelevazione, la cui quota risulterà pari a 14,20 m s.l.m., rispetto ai circa 17,00 m s.l.m. del piano campagna circostante.

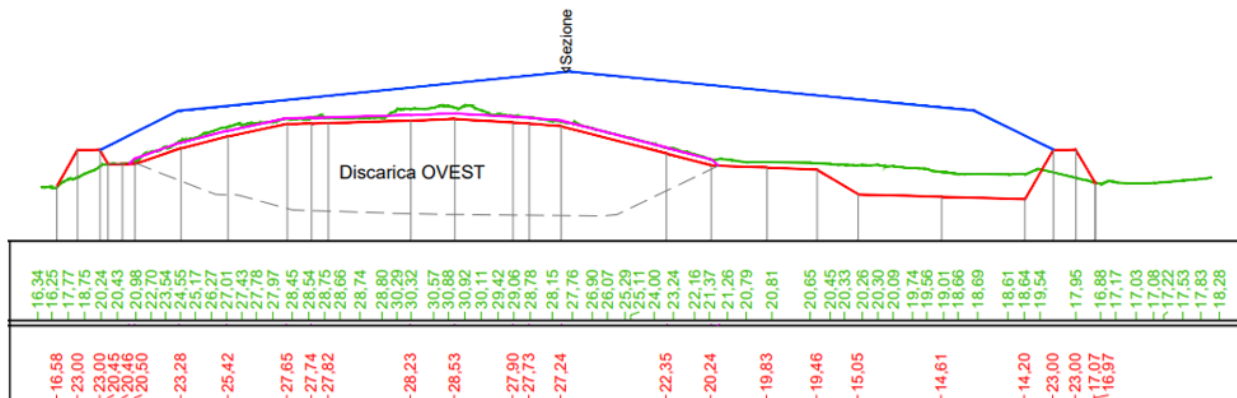


Figura 12 -Sezione del corpo di discarica con indicazione delle quote (m s.l.m.), in rosso il fondo invaso mentre in verde il rilievo allo stato di fatto al 4/06/2025 [Stralcio Tavola 3.06 "Sezioni di raffronto"]

3.1.3.2 RETE DI DRENAGGIO DEL PERCOLATO

Per il drenaggio ed il rilancio del percolato dal corpo dei rifiuti si prevede la costruzione di vari elementi che vanno ad integrare quanto già realizzato in corrispondenza della barriera di fondo e nel cumulo delle aree già in gestione operativa, con apprestamenti così riepilogati:

- realizzazione di uno specifico strato ad alta permeabilità, con pacchetto classificato nel precedente § 3.1.3.1 quale Tipo 1, realizzato in corrispondenza della geomembrana installata nella copertura di cumuli già formati e sul paramento interno della struttura arginale, con flusso intercettato in corrispondenza di punti depressi imposti alla sua base. In corrispondenza di questi saranno installati i pozzi inclinati (slope-risers) di Tipo 1, in cui installare le pompe elettromeccaniche utili all'estrazione ed al rilancio del percolato;
- costruzione, nelle parti di nuovo approntamento (discarica est ed area interessata dalle vasche di stoccaggio del percolato), della platea drenante, coerente al criterio costruttivo di cui al p.to 2.4.2. dell'All. 1 al D. Lgs. 36/2003, con pacchetto indicato nel § 3.1.3.1 quale Tipo 2, e relativi pozzi di estrazione e rilancio del percolato realizzati in punti depressi della barriera di fondo in configurazione sia inclinata (slope-risers) di Tipo 2 che verticale, indicato come Tipo 5;
- costruzione di pozzi verticali trivellati in sostituzione dei pozzi inclinati esistenti e la cui sezione terminale risulti interferente con la nuova struttura arginale prevista al perimetro dell'area di discarica, con pozzi verticali che replicano la soluzione già approvata per i lotti 1 e 2 del raccordo morfologico, indicati quali pozzo verticale Tipo 3 e Tipo 4.

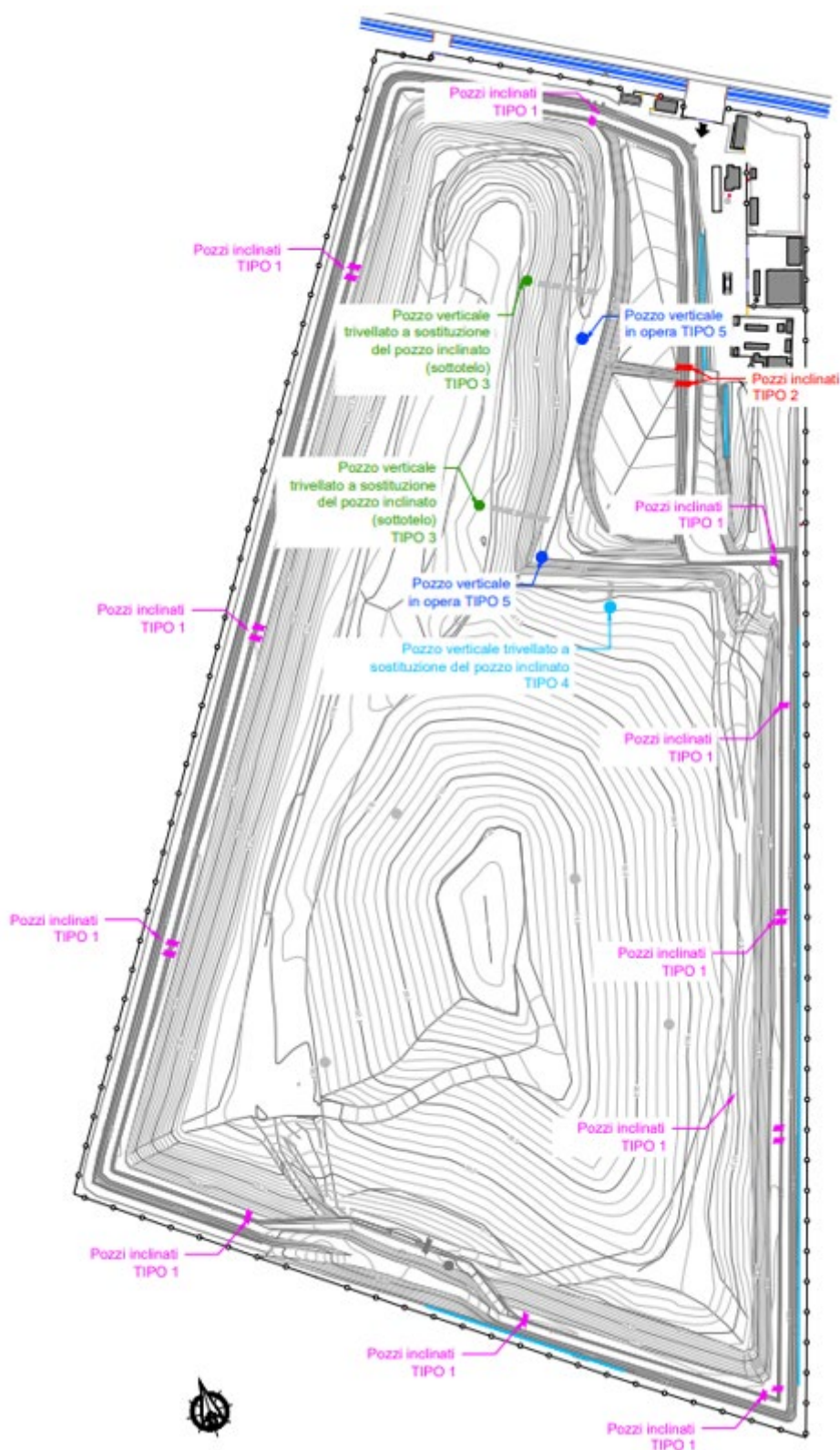


Figura 13 – Posizionamento dei pozzi di nuova realizzazione [Stralcio Tavola 4.3 “Particolari costruttivi pozzi percolato”]

In corrispondenza di ogni pozzo di nuova realizzazione, descritti graficamente nella Tavola 4.03, il progetto prevede l'installazione di una pompa elettromeccanica, con cui estrarre e rilanciare il percolato alla rete di collettamento che lo convoglia al sistema di stoccaggio temporaneo. Le pompe sono di tipo sommerso a funzionamento elettrico, installate in punti depressi con attivazione che sarà regolata in funzione del livello registrato nel punto di estrazione, impostato in modo da assicurare la riduzione del battente idraulico presente sulla barriera di fondo della discarica.

Per ogni pompa installata (punto di rilancio del percolato) si prevede di norma la seguente dotazione:

- tubazione di rilancio in HDPE DN63 SDR17 o SDR 11 a seconda delle prevalenze utili al rilancio del percolato;
- tronchetto di raccordo e misura installata all'esterno del pozzo, realizzato con tubazione in acciaio inox di diametro adeguato, solitamente DN 0 o DN63, per installare, con le modalità indicate dal fornitore, la componentistica utile alla corretta gestione e monitoraggio del sistema di rilancio:
- valvola rompivuoto, se non già installata sulla mandata della pompa;
- misuratore di portata di tipo elettromagnetico;
- punto di campionamento regolato con saracinesca manuale;
- valvola di non ritorno.

Come già descritto, il sistema di gestione del percolato prevede anche la realizzazione di una tubazione dedicata al suo collettamento alle vasche del percolato, con tubazioni realizzare sempre in HDPE SDR 11 ma del tipo a lenta fessurazione, quindi ad elevata resistenza meccanica anche per lunghi periodi. La tubazione dispone, oltre ai necessari raccordi con le varie derivazioni per il collegamento ai pozzi, con punti di ispezione e di lavaggio e la realizzazione di un controtubo nelle parti interessate dal transito veicolare, così da evitare ogni possibile danneggiamento. Questa soluzione viene adottata nel tratto finale della condotta di collettamento, quello in corrispondenza dell'area di accesso e di trattamento del percolato, con scarico in pozzetto realizzato in corrispondenza della vasca di stoccaggio del percolato.

La distribuzione planimetrica dei pozzi ed il lay-out funzionale al termine della costruzione dell'intervento è riportato nelle Tavole 4.1 e 4.2.

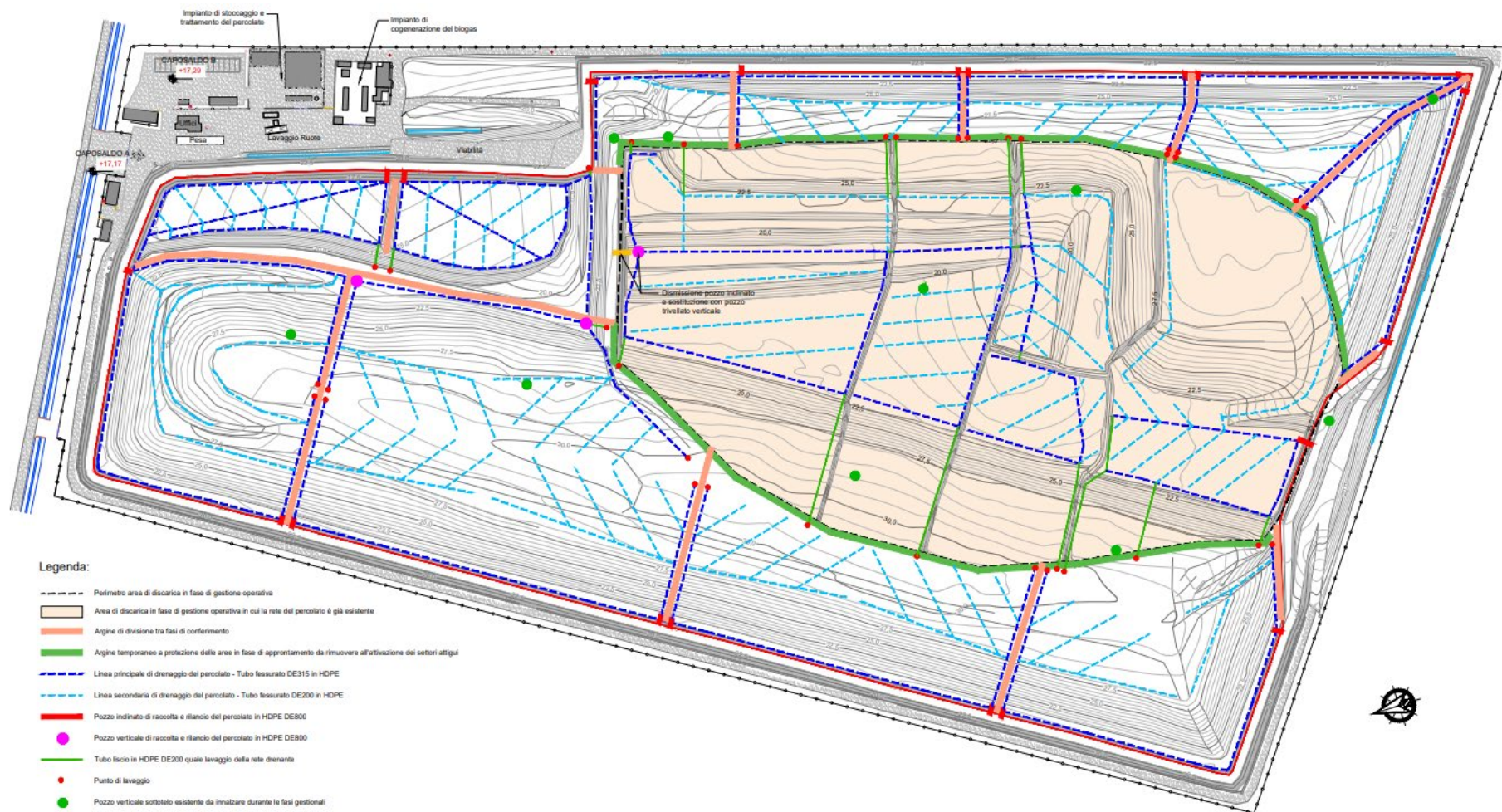


Figura 14 – Sistema di rilancio del percolato [Stralcio Tavola 4.1 “Planimetria generale del sistema di drenaggio del percolato”]

3.1.3.3 ALTEZZA DEL PERCOLATO SUL FONDO DELLA DISCARICA

Secondo le disposizioni del D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., il sistema di raccolta del percolato deve essere progettato e gestito in modo da minimizzare il battente idraulico di percolato sul fondo della discarica compatibilmente con le caratteristiche geometriche, meccaniche e idrauliche dei materiali e dei rifiuti costituenti la discarica e compatibilmente con i sistemi di sollevamento e di estrazione.

Pur assumendo il buon funzionamento del sistema di captazione così come descritto precedentemente, cautelativamente si ipotizza un battente idraulico sul fondo delle vasche pari a 0,5 m, ovvero pari allo spessore dello strato drenante.

Tale ipotesi è significativamente cautelativa in quanto si assume che su tutta la superficie del fondo della discarica si abbia percolato per l'altezza di 0,5 m.

In realtà, la conformazione dell'invaso è tutt'altro che omogenea: esso si sviluppa su più livelli e include porzioni in sopraelevazione con configurazione a cumulo, che non possono trattenere percolato in modo significativo (Figura 10 e Figura 11).

Di conseguenza, il liquido si raccoglierà principalmente nelle aree più depresse della vasca, dove la geometria consente l'accumulo e dove potrà eventualmente raggiungere il battente massimo ipotizzato mentre nelle zone rialzate, invece, il percolato sarà pressoché assente.

3.1.4 RIFIUTI CONFERIBILI E CRITERI DI AMMISSIBILITÀ

Si riporta di seguito l'elenco completo dei codici EER che si richiede siano ammessi a smaltimento o recupero in discarica nello scenario di progetto, ossia i codici attualmente autorizzati, suddivisi per le operazioni di smaltimento (elenco A) e recupero (elenco B), rimandando al Piano di Gestione Operativa per l'approfondimento di questi aspetti.

A) Elenco dei rifiuti ammessi a smaltimento (D1) in discarica

02 00 00	<i>Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquicoltura, selvicoltura, caccia, pesca, trattamento e preparazione di alimenti</i>
02 01 00	<i>Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquicoltura, selvicoltura, caccia e pesca</i>
02 01 03	scarti di tessuti vegetali (3)
02 01 04	rifiuti plastici (ad esclusione degli imballaggi) (2)
02 01 99\$	rifiuti non specificati altrimenti (paglia e prodotti di paglia)
02 02 00	<i>rifiuti della preparazione e del trattamento di carne, pesce ed altri alimenti di origine animale</i>
02 02 03	scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione (3)
02 02 99\$	rifiuti non specificati altrimenti (scarti non liquidi della produzione alimentare e partite di alimenti non liquidi deteriorati, purché inscatolati o comunque imballati)

02 03 00	<i>rifiuti della preparazione e del trattamento di frutta, verdura, cereali, oli alimentari, cacao, caffè, tè e tabacco; della produzione di conserve alimentari; della produzione di lievito ed estratto di lievito; della preparazione e fermentazione di melassa</i>
02 03 04	scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione (3)
02 03 99§	rifiuti non specificati altrimenti (scarti non liquidi della produzione alimentare e partite di alimenti non liquidi deteriorati, purché inscatolati o comunque imballati)
02 04 00	<i>rifiuti prodotti dalla raffinazione dello zucchero</i>
02 04 02	carbonato di calcio fuori specifica (3)
02 04 99§	rifiuti non specificati altrimenti (scarti non liquidi della produzione alimentare e partite di alimenti non liquidi deteriorati, purché inscatolati o comunque imballati)
02 05 00	<i>rifiuti dell'industria lattiero-casearia</i>
02 05 01	scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione (3)
02 05 99§	rifiuti non specificati altrimenti (scarti non liquidi della produzione alimentare e partite di alimenti non liquidi deteriorati, purché inscatolati o comunque imballati)
02 06 00	<i>rifiuti dell'industria dolciaria e della panificazione</i>
02 06 01	scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione (3)
02 06 99§	rifiuti non specificati altrimenti (scarti non liquidi della produzione alimentare e partite di alimenti non liquidi deteriorati, purché inscatolati o comunque imballati)
02 07 00	<i>rifiuti della produzione di bevande alcoliche ed analcoliche (tranne caffè, tè e cacao)</i>
02 07 01	rifiuti prodotti dalle operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima (I) e (3)
02 07 04	scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione (3)
03 00 00	<i>Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone</i>
03 01 00	<i>rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli e mobili</i>
03 01 01	Scarti di corteccia e sughero
03 01 05	segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci diversi da quelli di cui alla voce 03 01 04
03 01 99§	rifiuti non specificati altrimenti (fibra di legno e pasta di legno anche umida, purché palabile)
03 03 00	<i>rifiuti della produzione e della lavorazione di polpa, carta e cartone</i>
03 03 01	scarti di corteccia e legno
03 03 07	scarti della separazione meccanica nella produzione di polpa da rifiuti di carta e cartone
03 03 11	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 03 03 10 (1)
04 00 00	<i>Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce, nonché de/l'industria tessile 04 01 00 rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce</i>
04 01 09	rifiuti delle operazioni di confezionamento e finitura

04 02 00	<i>rifiuti dell'industria tessile</i>
04 02 21	rifiuti da fibre tessili grezze
04 02 22	rifiuti da fibre tessili lavorate
04 02 99\$	rifiuti non specificati altrimenti (etichette e bottoni)
06 05 00	<i>fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti</i>
06 05 03	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 06 05 02 (1)
07 00 00	<i>Rifiuti dei processi chimici organici</i>
07 02 00	<i>Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di plastiche, gomme sintetiche e fibre artificiali</i>
07 02 99\$	rifiuti non specificati altrimenti (resine termoplastiche e termoindurenti in genere allo stato solido e manufatti composti prevalentemente da tali materiali)
08 02 00	<i>rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di altri rivestimenti (inclusi materiali ceramici)</i>
08 02 02	fanghi acquosi contenenti materiali ceramici (1)
09 00 00	<i>Rifiuti dell'industria fotografica</i>
09 01 00	<i>rifiuti dell'industria fotografica</i>
09 01 07	pellicole e carta per fotografia, contenenti argento o composti dell'argento
09 01 08	pellicole e carta per fotografia, non contenenti argento o composti dell'argento
09 01 10	macchine fotografiche monouso senza batterie
12 00 00	<i>Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica</i>
12 01 00	<i>rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastiche</i>
12 01 99\$	rifiuti non specificati altrimenti (nastri abrasivi)
15 00 00	<i>Rifiuti di imballaggi, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi (non specificati altrimenti)</i>
15 01 00	<i>imballaggi (compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata)</i>
15 01 01	imballaggi di carta e cartone (2)
15 01 02	imballaggi di plastica (2)
15 01 03	imballaggi in legno (2)
15 01 04	imballaggi metallici (2)
15 01 05	imballaggi compositi (2)
15 01 06	imballaggi in materiali misti (2)
15 02 00	<i>assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi</i>

15 02 03	assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi, diversi da quelli di cui alla voce 15 02 02
16 00 00	<i>Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco</i>
16 01 00	<i>veicoli fuori uso appartenenti a diversi modi di trasporto (comprese le macchine mobili non stradali) e rifiuti prodotti dallo smantellamento di veicoli fuori uso e dalla manutenzione di veicoli (tranne 13, 14, 16 06 e 16 08)</i>
16 01 18	metalli non ferrosi (3)
16 01 19	plastica (paraurti) (3)
16 02 00	<i>Rifiuti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche</i>
16 02 14	apparecchiature fuori uso, diverse da quelle di cui alle voci da 16 02 09 a 16 02 13 (3)
16 03 00	<i>prodotti fuori specifica e prodotti in utilizzati</i>
16 03 04	rifiuti inorganici, diversi da quelli di cui alla voce 16 03 03
16 11 00	<i>Rifiuti di rivestimenti e materiali refrattari</i>
16 11 04	altri rivestimenti e materiali refrattari provenienti da processi metallurgici, diversi da quelli di cui alla voce 16 11 03
17 00 00	<i>Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)</i>
17 01 00	<i>Cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche</i>
17 01 07	miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 17 01 06
17 02 00	<i>legno, vetro e plastica</i>
17 02 01	legno (2)
17 02 02	vetro (2)
17 02 03	plastica (2)
17 04 00	<i>metalli (incluse le loro leghe)</i>
17 04 11	cavi, diversi da quelli di cui alla voce 17 04 10 (2)
17 05 00	<i>terra (compreso il terreno proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio</i>
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
17 05 06	materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 17 05 05
17 06 00	<i>materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto</i>
17 06 04	materiali isolanti, diversi da quelli di cui alle voci 17 06 01 e 17 06 03
17 09 00	<i>altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione</i>
17 09 04	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 (3)
18 00 00	<i>Rifiuti prodotti dal settore sanitario e veterinario o da attività di ricerca collegate (tranne i rifiuti di cucina e di ristorazione non direttamente provenienti da trattamento terapeutico)</i>

18 01 00	<i>rifiuti dei reparti di maternità e rifiuti legati a diagnosi, trattamento e prevenzione delle malattie negli esseri umani</i>
18 01 04	rifiuti che non devono essere raccolti e smaltiti applicando precauzioni particolari per evitare infezioni (es. bende, ingessature, lenzuola, indumenti monouso, assorbenti igienici)
18 02 00	<i>rifiuti legati alle attività di ricerca e diagnosi, trattamento e prevenzione delle malattie negli animali</i>
18 02 03	rifiuti che non devono essere raccolti e smaltiti applicando precauzioni particolari per evitare infezioni
19 00 00	<i>Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale</i>
19 02 00	<i>rifiuti prodotti da specifici trattamenti chimico-fisici di rifiuti industriali (comprese decromatazione, decianizzazione, neutralizzazione)</i>
19 02 03	Rifiuti premiscelati composti esclusivamente da rifiuti non pericolosi
19 02 06	fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici, diversi da quelli di cui alla voce 19 02 05 (4)
19 03 00	<i>rifiuti stabilizzati/solidificati</i>
19 03 05	rifiuti stabilizzati diversi da quelli di cui alla voce 19 03 04
19 03 07	rifiuti solidificati diversi da quelli di cui alla voce 19 03 06
19 05 00	<i>rifiuti prodotti dal trattamento aerobico di rifiuti solidi</i>
19 05 01§	parte di rifiuti urbani e simili non destinata al compost
19 05 03	compost fuori specifica
19 06 00	<i>rifiuti prodotti dal trattamento anaerobico dei rifiuti</i>
19 06 04	digestato prodotto dal trattamento anaerobico di rifiuti urbani (1)
19 08 00	<i>rifiuti prodotti dagli impianti per il trattamento delle acque reflue, non specificati altrimenti</i>
19 08 01	vaglio
19 08 02	rifiuti dell'eliminazione della sabbia (1)
19 08 05	fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane (1)
19 08 14	fanghi prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 19 08 13 (1)
19 09 00	<i>rifiuti prodotti dalla potabilizzazione dell'acqua o dalla sua preparazione per uso industriale</i>
19 09 01	rifiuti solidi prodotti dai processi di filtrazione e vaglio primari (1)
19 12 00	<i>rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti (ad esempio selezione, triturazione, compattazione, riduzione in pellet) non specificati altrimenti</i>
19 12 04	plastica e gomma (5)

19 12 08	prodotti tessili (5)
19 12 12	altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, diversi da quelli di cui alla voce 19 12 11
19 13 00	<i>rifiuti prodotti dalle operazioni di bonifica di terreni e risanamento delle acque di falda</i>
19 13 02	rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, diversi da quelli di cui alla voce 19 13 01
20 00 00	<i>Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni) inclusi i rifiuti della raccolta differenziata</i>
20 03 00	<i>altri rifiuti urbani</i>
20 03 99§	rifiuti non specificati altrimenti (rifiuti cimiteriali non recuperabili) (6)

Note:

- § è consentito l'utilizzo del codice generico "99" solamente se accompagnato dalla specifica dicitura.
- (1) Purché palabili e stabilizzati.
- (2) Solo se classificati come scarti derivanti dalle operazioni di selezione, riciclo e recupero dei rifiuti effettuate presso impianti specializzati, presso lo stabilimento di produzione dei rifiuti, oppure non recuperabili; è ammesso lo smaltimento in discarica degli imballaggi misti per i quali non sia possibile a causa delle caratteristiche impiantistiche dell'area attrezzata o a causa delle caratteristiche merceologiche dei materiali una loro separazione o recupero.
- (3) Possono essere smaltiti solo previa documentata impossibilità di loro trattamento e recupero presso gli impianti presenti sul territorio Provinciale. Per i conferimenti sistematici la documentazione di cui sopra, dovrà essere fornita dal produttore del rifiuto all'atto della stipula del contratto o della convenzione che regola lo smaltimento in discarica. Tale documentazione non è necessaria per:
- a) conferimenti saltuari ed inferiori a 50 q.li
- b) conferimenti a seguito di situazioni di emergenza convalidate dal responsabile dell'impianto.
- (4) Possono essere smaltiti solo i rifiuti EER 190206 allo stato palabile.
Lo smaltimento dei rifiuti in discarica dovrà essere limitato alle sole tipologie non destinabili al riutilizzo.
- (5) Solo se classificati come scarti derivanti dalle operazioni di selezione, riciclo e recupero dei rifiuti effettuate presso impianti specializzati, presso lo stabilimento di produzione dei rifiuti, oppure non recuperabili.
- (6) limitatamente a quei rifiuti che in ragione delle loro caratteristiche specifiche (dimensioni e presenza di zinco) non possono essere conferiti ad impianti di recupero compreso quello energetico; per un quantitativo massimo di 150 t/anno, provenienti dai comuni gestiti da AIMAG nel bacino modenese, fino a quando non sarà disponibile un apposito impianto di trattamento di tali rifiuti nel bacino modenese.

In riferimento ai criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, con riferimento ai limiti di concentrazione nell'eluato, gli stessi sono stabiliti dalla Tabella 5 dell'Allegato 4 al D.Lgs. 36/2003 e successive modifiche.

In base a quanto previsto dall'art. 7-sexies, comma 1 del D.Lgs. 36/2003, come modificato dal D.Lgs. 121/2020, è possibile autorizzare valori limite superiori a quelli previsti per la categoria di discarica di riferimento.

Tale possibilità è condizionata all'esito positivo della valutazione del rischio ambientale sito-specifica.

In questo contesto, per il rifiuto identificato con codice CER 19 02 06 "*Fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici*", si richiede una deroga al limite per il parametro DOC (Carbonio Organico Disciolto), fino a 300 mg/l, in conformità con quanto previsto dall'art. 7-sexies, comma 2 del medesimo decreto.

Tipologia di rifiuto	Descrizione	Parametro richiesto per la deroga	Valore limite da Tabella 5	Valore deroga richiesta
EER 19 02 06	Fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici	DOC	100 mg/l	300 mg/l

Tabella 2 – Deroghe previste dal progetto in esame

Per tutti gli altri rifiuti conferiti a smaltimento in discarica si applicherà quanto previsto in via generale dal D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

B) Elenco dei rifiuti ammessi a RECUPERO

In continuità con quanto previsto dall'AIA vigente, si richiede il recupero dei seguenti rifiuti secondo le operazioni di cui all'allegato C alla Parte Quarta del D.lgs. 152/2006.

Codice EER	Operazione	Descrizione dell'attività
EER 01 05 07	R5	Recupero di fanghi di prospezione geologica trattati a base acquosa, per la realizzazione esclusivamente degli interventi di seguito indicati: arginature perimetrali e di contenimento, contrafforti di sostegno esterni, scarpate di accesso e viabilità interna provvisoria e definitiva, realizzazione delle coperture intermedie e definitive; in tale ultimo caso preliminarmente alla stesura del manto definitivo di terreno agrario o naturale.
EER 17 05 04	R5	Recupero di rifiuti inerti limitatamente alle esigenze di coperture giornaliere ed intermedie, di realizzazione e/o ripristino di viabilità interna dell'impianto, per la realizzazione di arginature perimetrali e di contenimento, previa caratterizzazione e purché non contaminati da sostanze inquinanti, pericolosi e comunque non idonei al tipo di utilizzo al quale sono destinati.
EER 17 05 06		
EER 20 02 02		
EER 17 01 07	R5	recupero di rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione e miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche limitatamente alle esigenze di coperture giornaliere ed intermedie e di realizzazione e/o ripristino di viabilità interna dell'impianto.
EER 17 09 04		
EER 19 05 03	R11	Recupero del "biostabilizzato" quale materiale da ingegneria per la copertura giornaliera dei rifiuti in discarica e l'utilizzo.
	R10	Recupero del "biostabilizzato" quale materiale da ingegneria per la realizzazione della copertura superficiale finale della discarica.

Tabella 3 - Elenco dei rifiuti ammessi a recupero nello stato autorizzato

In aggiunta a quanto autorizzato in AIA, si chiede il recupero, quale operazione **R5**, dei seguenti rifiuti da utilizzare per le coperture finali:

- **EER 01 04 09** Scarti di sabbia e argilla;
- **EER 01 04 13** Rifiuti prodotti dal taglio e dalla segagione della pietra, diversi da quelli di cui alla voce 01 04 07);

- **EER 01 05 07** Fanghi e rifiuti di perforazione contenenti barite, diversi da quelli delle voci 01 05 05 e 01 05 06;
- **EER 17 01 03** Mattonelle e ceramiche;
- **EER 17 01 07** Miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 17 01 06;
- **EER 17 05 04** Terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03,
- **EER 17 05 06** Materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 17 05 05,
- **EER 17 09 04** Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03;
- **EER 19 05 03** Compost fuori specifica;
- **EER 19 12 09** minerali (ad esempio sabbia, rocce);
- **EER 20 02 02** Terra e rocce.

3.1.5 CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI DI PERCOLATO

Per il calcolo della produzione di percolato il progetto fa riferimento alla DGR n. 1091 del 24/07/2017 *"Criteri per la procedura di chiusura delle discariche di cui all'art. 12 del D.Lgs. n. 36/2003 e per la sorveglianza, il monitoraggio ed il controllo in seguito alla cessazione dei conferimenti di rifiuti ed alla copertura provvisoria"*, la quale definisce, tra le varie cose, la modalità di calcolo per la stima di produzione del percolato da discarica, di seguito riportata.

$$\text{Percolato teorico prodotto da un lotto} = P_n \times [(S_p \times C_i)]$$

dove:

P_n = precipitazione annuale [mm/anno] - da centralina meteo

S_p = area della discarica esposta (lotto) [mq]

C_i = coefficiente di produzione specifico

Il coefficiente di produzione viene attribuito in funzione che la discarica, o una parte di essa, sia in coltivazione, sia coperta in modo provvisorio o coperta in modo definitivo. Il range di tali parametri è definito dalla DGR in questa tabella:

Coefficiente	Valore
Coefficiente di produzione C_i in area in coltivazione - gestione operativa	0,65-0,80
Coefficiente di produzione C_i in aree messe in sicurezza - gestione operativa o post operativa	0,21-0,31
Coefficiente di produzione C_i in aree dotate di pacchetto di copertura finale completato	0,05-0,20

La Delibera regionale definisce dei range di valori, piuttosto che valori assoluti del coefficiente di produzione, in quanto il coefficiente specifico di una discarica dipende da diverse variabili, tra cui le caratteristiche del pacchetto di copertura finale adottato, le modalità di copertura provvisoria e le

caratteristiche dei rifiuti messi a dimora e di conseguenza dei fenomeni di degradazione della sostanza organica e di perdita di umidità dei rifiuti stessi. Trattandosi di un ampliamento di una discarica esistente, risulta inoltre opportuno calibrare tali coefficienti sulla base dei dati reali di produzione del sito in esame.

Nelle elaborazioni sviluppate per la discarica di Medolla si intendono:

- **“aree messe in sicurezza”** le aree di discarica coperte in modo provvisorio e quelle dotate di copertura finale realizzata prima dell’entrata in vigore del D.Lgs. 36/2003. Per queste si adotta un coefficiente Ci pari a 0,21,
- **“aree dotate di pacchetto di copertura finale completato”** le aree di discarica coperte in modo finale definitivo coerentemente al D.Lgs. 36/2003. Per queste si adotta un coefficiente Ci pari a 0,06,
- **“aree in coltivazione-gestione operativa”** l’intera superficie del lotto di discarica che nel singolo anno risulta in coltivazione, tralasciando il fatto che la coltivazione avviene occupando un areale il più limitato possibile, gestendo le acque ricadenti nelle porzioni non ancora interessate dai rifiuti come acque meteoriche non contaminate e coprendo anche solo con copertura giornaliera le porzioni del lotto che man mano si esauriscono. Considerando una superficie totale del lotto che risulta sovrastimata rispetto all’effettiva area “scoperta”, si è scelto di adottare un fattore Ci pari a 0,50, leggermente più basso del range indicato dalla Delibera.

Si è dunque provveduto ad elaborare un bilancio idrologico per la discarica esistente di Medolla, mettendo in relazione la quantità annua di percolato effettivamente raccolta e smaltita negli ultimi anni (2017÷2024) con i dati di piovosità annua registrati in questi anni, in modo da tarare i coefficienti Ci sulla base dei dati reali di produzione.

L’ampliamento si sviluppa per fasi gestionali riepilogate graficamente nella Tavola 3.04 “Fasi evolutive”: la prima, in sopraelevazione su parte del raccordo morfologico, è potenzialmente attivabile già al rilascio del provvedimento autorizzativo.

Da ultimo si segnala che il contributo di piogge per il futuro viene assunto pari a **640,4 mm**, valore medio delle piogge annuali dal 2017 al 2024 nel Comune di Medolla indicate nei Rapporti idrometeoclima di ARPAE e già utilizzato in passato nella progettazione degli ampliamenti precedenti.

STIMA DI PRODUZIONE ANNUALE DEL PERCOLATO		Sp	Ci	Dati di piovosità	Percolato da modello
		[m ²]	[%]	[m/anno]	[m ³]
2025	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	50.000	6%	0,64	1.920,00
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	17.600	6%	0,64	675,84
	Raccordo copertura provvisoria	8.106	50%	0,64	2.593,92
	Fase 1,2,3 raccordo in copertura provvisoria	44.140	21%	0,64	5.932,42
	Totale annuo				12.466,18
2026	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	50.000	6%	0,64	1.920,00
	Raccordo copertura provvisoria	19.476	21%	0,64	2.617,57
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	17.600	6%	0,64	675,84
	Fase 5 raccordo in coltivazione	6.694	50%	0,64	2.142,08

STIMA DI PRODUZIONE ANNUALE DEL PERCOLATO		Sp	Ci	Dati di piovosità	Percolato da modello
		[m²]	[%]	[m/anno]	[m³]
	Ampliamento in coltivazione	32.770	50%	0,64	10.486,40
	Totale annuo				19.185,89
2027	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	50.000	6%	0,64	1.920,00
	Raccordo morfologico	23.795	21%	0,64	3.198,05
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	17.600	6%	0,64	675,84
	Ampliamento in coltivazione	32.770	50%	0,64	10.486,40
	Totale annuo				17.624,29
2028	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	39.660	6%	0,64	1.522,94
	Raccordo morfologico	23.795	21%	0,64	3.198,05
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	7.710	6%	0,64	296,06
	Ampliamento in coltivazione	53.000	50%	0,64	16.960,00
	Totale annuo				23.321,06
2029	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	39.660	6%	0,64	1.522,94
	Raccordo morfologico	7.195	21%	0,64	967,01
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	7.710	6%	0,64	296,06
	Ampliamento copertura provvisoria	38.430	21%	0,64	5.164,99
	Ampliamento in coltivazione	31.170	50%	0,64	9.974,40
	Totale annuo				19.269,41
2030	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	10.000	21%	0,64	1.344,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	28.530	6%	0,64	1.095,55
	Raccordo morfologico	7.195	21%	0,64	967,01
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	690	6%	0,64	26,50
	Ampliamento copertura provvisoria	38.430	21%	0,64	5.164,99
	Ampliamento in coltivazione	49.320	50%	0,64	15.782,40
	Totale annuo				24.380,45
2031	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	8.750	21%	0,64	1.176,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	22.765	6%	0,64	874,18
	Raccordo morfologico	1.600	21%	0,64	215,04
	Est ripristino cop finale D.Lgs. 36/03	0	6%	0,64	0,00
	Ampliamento copertura provvisoria	24.985	21%	0,64	3.357,98
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	38.430	6%	0,64	1.475,71
	Ampliamento in coltivazione	37.635	50%	0,64	12.043,20
	Totale annuo				19.142,11
2032	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	8.750	21%	0,64	1.176,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	8.945	6%	0,64	343,49
	Raccordo morfologico	0	21%	0,64	0,00
	Ampliamento copertura provvisoria	58.560	21%	0,64	7.870,46
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	38.430	6%	0,64	1.475,71
	Ampliamento in coltivazione	19.480	50%	0,64	6.233,60
	Totale annuo				17.099,26

STIMA DI PRODUZIONE ANNUALE DEL PERCOLATO		Sp	Ci	Dati di piovosità	Percolato da modello
		[m²]	[%]	[m/anno]	[m³]
2033	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	8.750	21%	0,64	1.176,00
	Lotti 1-4 ovest cop finale D.Lgs. 36/03	0	6%	0,64	0,00
	Ampliamento copertura provvisoria	33.565	21%	0,64	4.511,14
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	63.415	6%	0,64	2.435,14
	Ampliamento in coltivazione	30.370	50%	0,64	9.718,40
	Totale annuo				17.840,67
2034	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	3.150	21%	0,64	423,36
	Ampliamento copertura provvisoria	21.395	21%	0,64	2.875,49
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	97.050	6%	0,64	3.726,72
	Ampliamento in coltivazione	15.455	50%	0,64	4.945,60
	Totale annuo				11.971,17
2035	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	3.150	21%	0,64	423,36
	Ampliamento copertura provvisoria	21.365	21%	0,64	2.871,46
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	97.050	6%	0,64	3.726,72
	Ampliamento in coltivazione	20.585	50%	0,64	6.587,20
	Totale annuo				13.608,74
2036	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	3.150	21%	0,64	423,36
	Ampliamento copertura provvisoria	21.365	21%	0,64	2.871,46
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	97.050	6%	0,64	3.726,72
	Ampliamento in coltivazione	20.585	50%	0,64	6.587,20
	Totale annuo				13.608,74
2037- 2038	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	3.150	21%	0,64	423,36
	Ampliamento copertura provvisoria	20.585	21%	0,64	2.766,62
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	118.415	6%	0,64	4.547,14
	Totale annuo				7.737,12
Dal 2039	Est no ripristino, cop. finale ante D.Lgs. 36/03	3.150	21%	0,64	423,36
	Ampliamento copertura finale D.Lgs. 36/03	139.000	6%	0,64	5.337,60
	Totale annuo				5.760,96

Nota: in rosso le superfici interessate dall'ampliamento in progetto

Tabella 4 – Stima produzione del percolato nell'ipotesi di realizzazione del progetto in esame

Ai fini della definizione del percolato da considerare nell'Analisi di rischio, in riferimento alla deroga richiesta per il parametro DOC (Carbonio Organico Disciolto) si assume un valore di concentrazione pari a 300 mg/l.

3.2 CARATTERIZZAZIONE DEI PERCORSI DI ESPOSIZIONE

3.2.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il comune di Medolla è situato nella parte Nord della provincia di Modena e si estende su un'area di 2.681 ha.

L'area comunale è inserita nella pianura alluvionale entro la quale negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (Secchia e Panaro) ed il fiume Po stesso hanno determinato l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico.

I fiumi, che scorrono in questa porzione di bassa pianura, si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva, a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto.

Questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

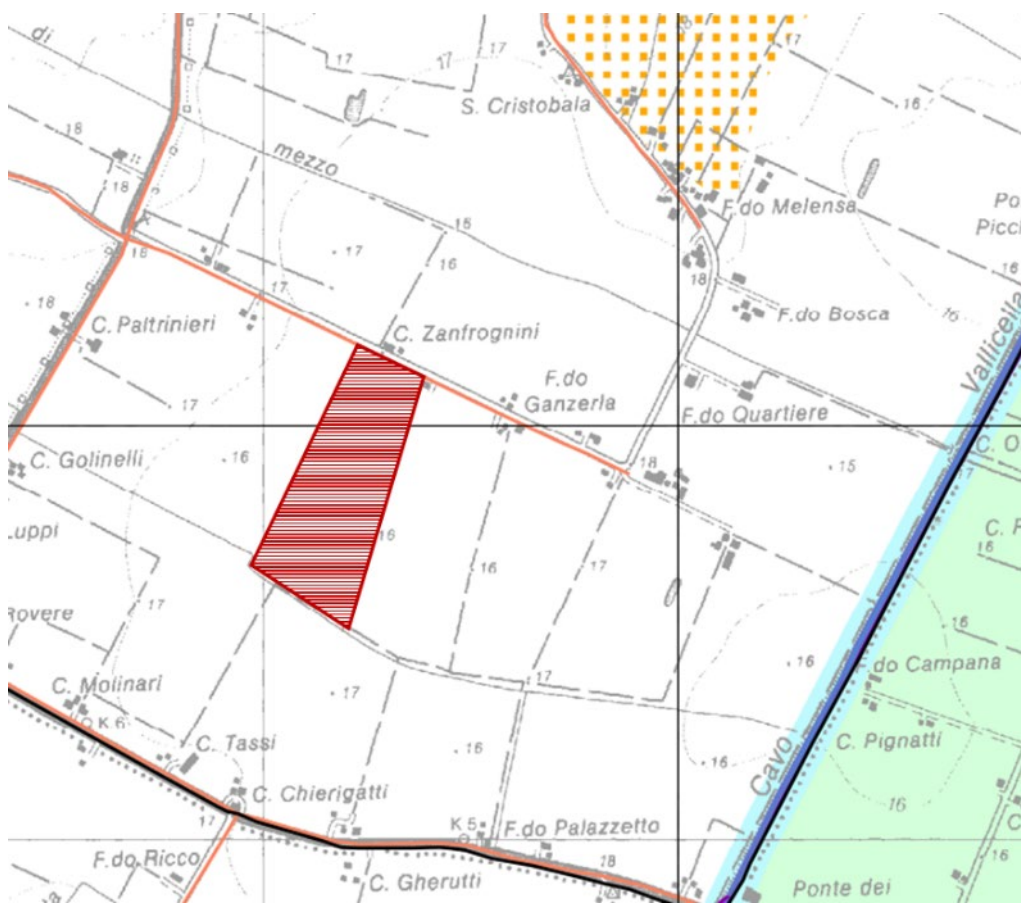
Quando i fiumi esondano, avviene una deposizione differenziata: materiali grossolani si accumulano vicino all'alveo formando dossi e canali di esondazione, mentre nelle aree più depresse i sedimenti diventano sempre più fini, prevalentemente argillosi, favorendo la formazione di dislivelli tra paleoalvei e valli.

I paleoalvei sono zone sollevate rispetto al territorio circostante, con suoli variabili dal franco al franco-sabbioso e favoriscono l'infiltrazione dell'acqua meteorica. Queste forme geomorfologiche hanno influito sulla rete idrografica e sugli insediamenti umani, che si sono sviluppati preferibilmente su di esse per la loro maggiore sicurezza dagli allagamenti e migliori caratteristiche del terreno. Al contrario, le aree depresse, spesso sedi di paludi, rimangono zone a rischio idraulico, soprattutto in caso di forti piogge, per la scarsa permeabilità dei terreni.

L'intervento umano, con la costruzione di argini artificiali e l'estrazione di acqua dal sottosuolo, ha accelerato i processi di compattazione dei suoli e subsidenza, alterando questo sistema naturale. La costruzione di argini artificiali in questa zona si è completata nel XV secolo.

Nell'area comunale, l'andamento delle curve di livello mette in evidenza che la morfologia del territorio è stata condizionata dal succedersi di eventi alluvionali generati dalle migrazioni fluviali. Si denotano forme convesse, allungate ed altimetricamente più rilevate, sede di antichi paleoalvei ascrivibili al fiume appenninico Secchia.

La zona si trova ubicata su un'area priva di morfostrutture, come indicato nell'estratto della Carta 1.1.2 del PTCP 2009 di Modena.



Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee		
		Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
		Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)
		Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
		Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
		Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
		Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
		Dossi di pianura (Art. 23A)
		Paleodossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)
		Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)
		Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)
Ambiti ed elementi territoriali di interesse paesaggistico ambientale		
		Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Art. 39)
		Zone di particolare interesse paesaggistico e ambientale soggette a decreto di tutela (Art. 40)

Figura 15 - Stralcio carta 1.1.2 Tutele delle risorse paesistiche e storico culturali
 [Fonte: PTCP Modena]

Nella provincia di Modena affiorano quasi esclusivamente rocce sedimentarie.

Nella zona appenninica si tratta di rocce di origine marina, di età compresa tra 2-4 e 120-140 milioni di anni. Al contrario, in pianura si trovano prevalentemente depositi alluvionali di ambiente continentale di età inferiore al milione di anni che ricoprono comunque rocce sedimentarie più antiche di ambiente marino, riconosciute nel sottosuolo attraverso le perforazioni per la ricerca di idrocarburi.

In base alle loro caratteristiche le formazioni sedimentarie dell'appennino modenese sono riferibili alle unità toscane, alle unità liguri o Liguridi ed alla Successione epiligure.

Per capire meglio il significato di questi raggruppamenti di formazioni litostratigrafiche è necessario accennare all'evoluzione geologica dell'Appennino Settentrionale, il quale si è formato dalla chiusura del bacino oceanico della Tetide, che nel Mesozoico separava la placca europea da quella africana (Adria).

All'inizio dell'Era Terziaria, la chiusura della Tetide ha causato la deformazione e sovrapposizione di successioni sedimentarie originarie del fondale oceanico (le Liguridi), impilando queste unità come falde tettoniche. Contemporaneamente, le successioni sedimentarie depositate sul margine continentale e sul fondale oceanico (successioni toscana, umbro-marchigiana e subligure) si sono deformate e impilate sotto le Liguridi, formando così il prisma d'accrescimento appenninico.

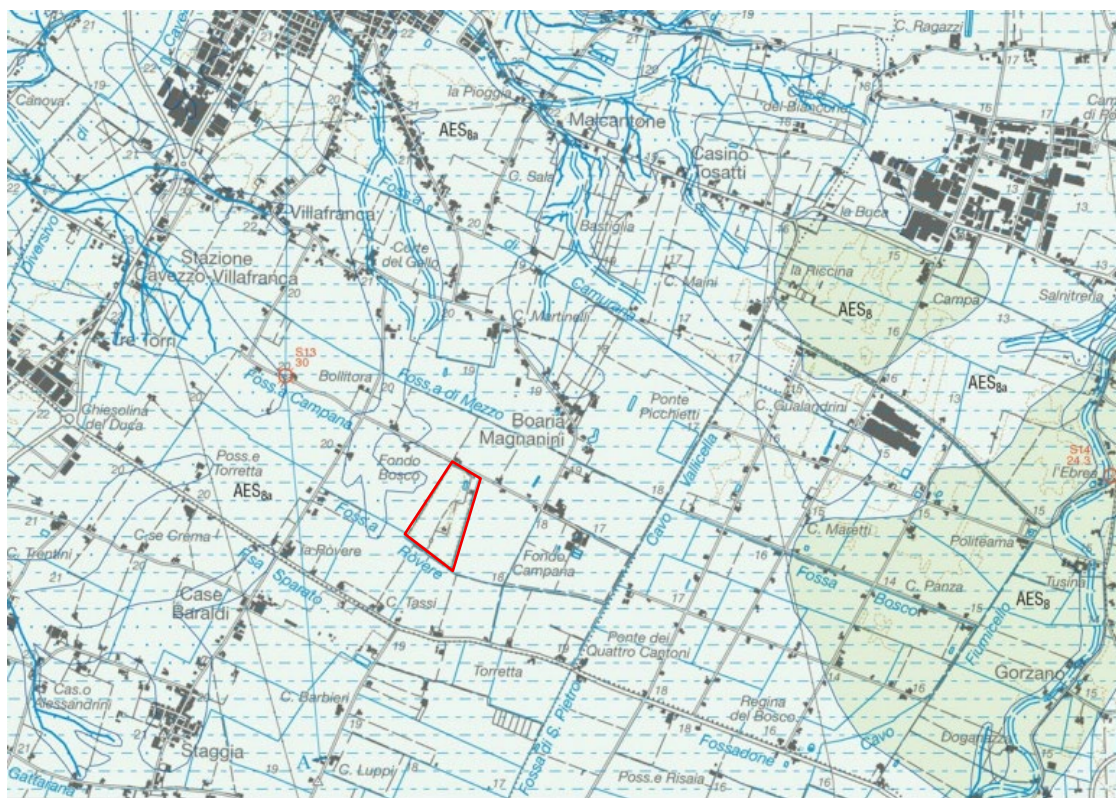
La struttura dell'Appennino settentrionale è paragonabile a una torta a strati inclinata verso nord-est, con le unità più antiche e profonde (umbro-marchigiane e toscane) in posizione più elevata, e le unità liguri ricoperte dalla successione epiligure, formata principalmente da sedimenti argillosi e arenacei.

Anche se le formazioni liguri ed epiliguri arrivano ad affiorare quasi in corrispondenza dell'alta Pianura Padana, nelle colline della zona pedemontana sono presenti rocce sedimentarie più recenti, argillose e sabbiose di età compresa all'incirca tra 4 e 2 milioni di anni.

Si tratta delle cosiddette Argille Azzurre dei calanchi delle basse colline modenesi, ricche in resti fossiliferi.

Per quanto riguarda invece la litologia di superficie della pianura modenese, i terreni affioranti sono costituiti da depositi alluvionali, di età compresa tra il tardo Pleistocene e l'attuale, legati all'azione del trasporto ed accumulo dei fiumi principali (Po, Panaro, Secchia, Tiepido etc.) questi coprono il substrato prequaternario con spessori variabili tra 400-600 m nell'alta pianura, a sud, e 300-400 m nella bassa pianura, a nord.

L'area in esame è rappresentata nel Foglio 184 "Mirandola" della Carta Geologica d'Italia.



Pleistocene Medio - Olocene

SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Comprende depositi di ambiente alluvionale, delizio-litorale e marino marginale organizzati in cicli trasgressivo-regressivi (subtemi) di natura glacio-eustatica, con periodo di circa 100.000 anni. Nell'area del Foglio è costituito interamente da depositi continentali ed è separato dal sottostante sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore da una superficie di discontinuità che marca una brusca variazione composizionale riconducibile ad una fase di riorganizzazione del reticolo idrografico padano. Il limite superiore coincide col piano topografico. Lo spessore aumenta progressivamente verso nord, da circa 80 m in corrispondenza dell'alto di Mirandola fino a circa 200 metri nel settore depocentrato.

PLEISTOCENE MEDIO (p.p. - ATTUALE) (p.p. - MIS 11-MIS 1)

subtema di Ravenna

Comprende depositi di ambiente alluvionale, delizio-litorale e marino marginale organizzati in un ciclo trasgressivo-regressivo riconducibile all'innalzamento eustatico post-glaciale e alla successiva fase, ancora in corso, di siltamento sito del mare. Nell'area del Foglio è composto unicamente da depositi alluvionali riferibili a sistemi di canale-argine-rotta fluviale, ad alta (canali meandriformi) o bassa-media sinuosità e ad ambienti di piana inondabile e paludosa. Il limite basale è un paleosuolo correlabile su scala regionale, che definisce il limite Pleistocene-Olocene, o il brusco contatto tra depositi fluviali pleistocenici di canali e berti e sedimenti olocenici di piana inondabile poco drenata o paludosa. Il limite superiore coincide col piano topografico ed è caratterizzato da suoli a basso grado di alterazione, parzialmente decarbonatati, con locale affioramento di resti archeologici dell'Età del Bronzo, del Ferro e Romana, nelle aree in cui affiorano depositi di età post-Romana, la parte superiore del subtema coincide con l'unità di Modena. Lo spessore varia tra circa 10 e 20 m.

OLOCENE - ATTUALE

unità di Modena

Comprende depositi di ambiente alluvionale di età post-Romana, in gran parte riferibili ad una fase di riorganizzazione del reticolo idrografico avvenuta in Età Medievale. Nell'area del Foglio è composta alla base principalmente da depositi di palude, sormontati da depositi di canale-argine-rotta fluviale che passano lateralmente a depositi di piana inondabile. Il limite inferiore è costituito da un paleosuolo a basso grado di alterazione, parzialmente decarbonatato, caratterizzato dalla presenza di resti archeologici di Età Romana, e localmente da torbe ad esso correlabile. Il limite superiore coincide con la superficie topografica ed è caratterizzato da suoli calcarei a bassissimo grado di alterazione. Spessore massimo di 5 m.

OLOCENE (MEGLAIOLANO) - ATTUALE

SISTEMI DEPOSIZIONALI, ASSOCIAZIONI DI FACIES E LITOLOGIE
PIANA ALLUVIONALE
Depositi di canale ad alta sinuosità, di argine e rotta fluviale

Sabbie medio-grossolane in corpi sedimentari a base erosiva, localmente amalgamati su sabbie più antiche, tendenza granulometrica fining-upward e rare intercalazioni limoso-argillose. Passano gradualmente verso l'alto ad argille limose per uno spessore totale > 10 m. Transizione laterale ad alternanza di sabbie medio-fini e limi argilloso-sabbiosi in strati da centimetri a decimetri o a sabbie fini, limose e limi sabbiosi con tendenza granulometrica fining-upward o coarsening-upward. Spessore < 10 m. Questi depositi compongono un paleo-reticolo idrografico con canali ad elevata sinuosità, barre di meandro con superfici di accrezione laterale dalla forma arcuata e meandri abbandonati, che ospitano stretti corpi argillosi lenticolari (clay plugs). Localmente, da questi canali fluviali si diparte un fitto reticolo di canali con estensione laterale di alcuni metri e pattern distributivo (canali di rotta).

Depositi di canale a bassa e media sinuosità, di argine e rotta fluviale

Sabbie da medio-grossolane a fini, localmente limose, in corpi sedimentari a base erosiva, tendenza granulometrica fining-upward e rare intercalazioni limoso-argillose. Passano gradualmente verso l'alto ad argille limose. Transizione laterale ad alternanza di sabbie fini limose e limi argilloso-sabbiosi in strati da centimetri a decimetri o a sabbie fini, limose e limi sabbiosi con tendenza granulometrica fining-upward o coarsening-upward. Spessore inferiore a 7 m. Questi depositi formano un paleo-reticolo idrografico costituito da canali ed associati argini, con estensione laterale di alcune decine di metri, a bassa-media sinuosità e localmente pattern distributivo.

Depositi di piana inondabile

Lim e limi argillosi, mediamente consolidati, variamente pedogenizzati, di colore marrone scuro, nocciola o grigio-verde. Presenti patine rossastre da ossidi ed idrossidi di ferro e manganese, concrezioni carbonatiche e rari resti di radici. Spessore < 10 m.

Depositi di palude

Argille limose e limi argillosi poco consolidati di colore grigio e grigio scuro, con abbondanti resti vegetali e sottili intercalazioni di torba di colore marrone. Spessore < 5 m.

Figura 16 - Stralcio Carta Geologia d'Italia Foglio 184 "Mirandola"

Come emerge dall'estratto sopra riportato, l'area di sito ricade sul Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), che costituisce la porzione superiore del super sintema Emiliano-Romagnolo.

Il sottosuolo della pianura AES è costituito dall'alternanza ciclica di argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale.

L'età della base del sintema è attribuita per posizione stratigrafica e per confronto coi cicli climatico-

eustatici, al Pleistocene medio (c.a. 400.000 anni BP³).

I depositi del tetto dell'unità sono attualmente in evoluzione e pertanto la loro età è olocenica.

I depositi affioranti nell'area di sito sono attribuiti al subsistema sul Subsistema di Ravenna (AES8), costituito da sabbie, limi ed argille di ambiente fluviale ed in parte deltizio; mentre l'unità affiorante è l'Unità di Modena (AES8a), di pochi metri di spessore (1 - 5 m) che raggiunge circa i 10 m solo localmente, caratterizzata da depositi di palude quali argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti.

Dal punto di vista geologico l'area è ubicata in un'area dove affiorano depositi di area interfluviale e depositi di palude: Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti.

Sulla base delle considerazioni e delle analisi eseguite, considerando che variazioni di spessore modeste (inferiori al metro) fanno parte di un normale processo di sedimentazione laminare differenziato che ha generato i depositi alluvionali, si ritiene che la stratigrafia superficiale e profonda dei terreni sia sostanzialmente omogenea in tutta l'area di progetto.

Dall'analisi delle prove eseguite in sito nel luglio 2018 e delle informazioni di bibliografia è stata ricostruita la litostratigrafia superficiale e profonda dell'area, che risulta omogenea sull'intera area tecnologica con alcune differenze negli spessori degli strati.

Le conclusioni delle indagini sono riportate nella Relazione Geologica e geotecnica redatta dalla Dott. Geol. Rita Ballista e allegata alla presente Analisi di Rischio.

Nella relazione si ritiene opportuno riferirsi anche alle indagini esperite nel 2015 per la risagomatura della parte est dell'area tecnologica, documento in cui si ricava che *"... le caratteristiche litologiche ed idrauliche degli strati interposti tra la discarica ed il livello dell'acquifero offrono ampie garanzie nei confronti di percolazioni sia orizzontali che verticali. Tali verifiche sono state condotte sulla base delle precedenti indagini condotte dal Dott. Geol. Paolo Cestari e a seguito di nuovi sondaggi geognostici finalizzati alla ricerca dei parametri geotecnici ed idrogeologici del substrato su cui è impostata la discarica.*

Fondamentalmente, le nuove indagini confermano la situazione idrogeologica descritta dal Cestari, con l'aggiunta di alcune precisazioni, derivanti da ulteriori studi succedutisi negli anni, alle Relazioni sul monitoraggio e in base ai risultati delle nuove indagini.

Sostanzialmente l'area è caratterizzata da:

- presenza di un potente banco argilloso o limo argilloso avente spessore di almeno 22-23 metri;
- localmente a detta profondità si riscontra una lente sabbiosa, probabilmente inadatta ad ospitare un acquifero: detta lente nelle indagini precedenti è stata reperita in alcune indagini a 27-28 m dal p.c con uno spessore di circa 1,5m;
- ripresa dei litotipi coesivi argillosi sino a circa 35-38 m dal p.c.
- inizio del primo acquifero vero e proprio costituito dalle sabbie medie e fini aventi potenza di almeno 10 metri, sede di falda in pressione.

³ Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000, Area Geologia, suoli e sismica, Regione Emilia-Romagna; ENI – AGIP, 1998

Detta falda, qualora si vada a forare gli almeno 35 m di litotipi coesivi posti a protezione della stessa, risale sino a circa 4-5 m dal piano campagna.

Dalle indagini geologiche-geotecniche emerge inoltre che il substrato geologico del sito in questione è caratterizzato da terreni da ritenersi tecnicamente impermeabili, con coefficienti di permeabilità verticale misurati inferiori a 6×10^{-10} m/s ...".

La caratterizzazione litologica e stratigrafica superficiale e profonda condotta dalla dott. Ballista si è riferita sia agli interventi precedenti che ad indagini integrative specifiche, condotte nelle aree non precedentemente indagate. Le indagini in sito a cui ci si riferisce sono così riepilogate, descritte con dovizia di particolari nel documento tecnico su richiamato:

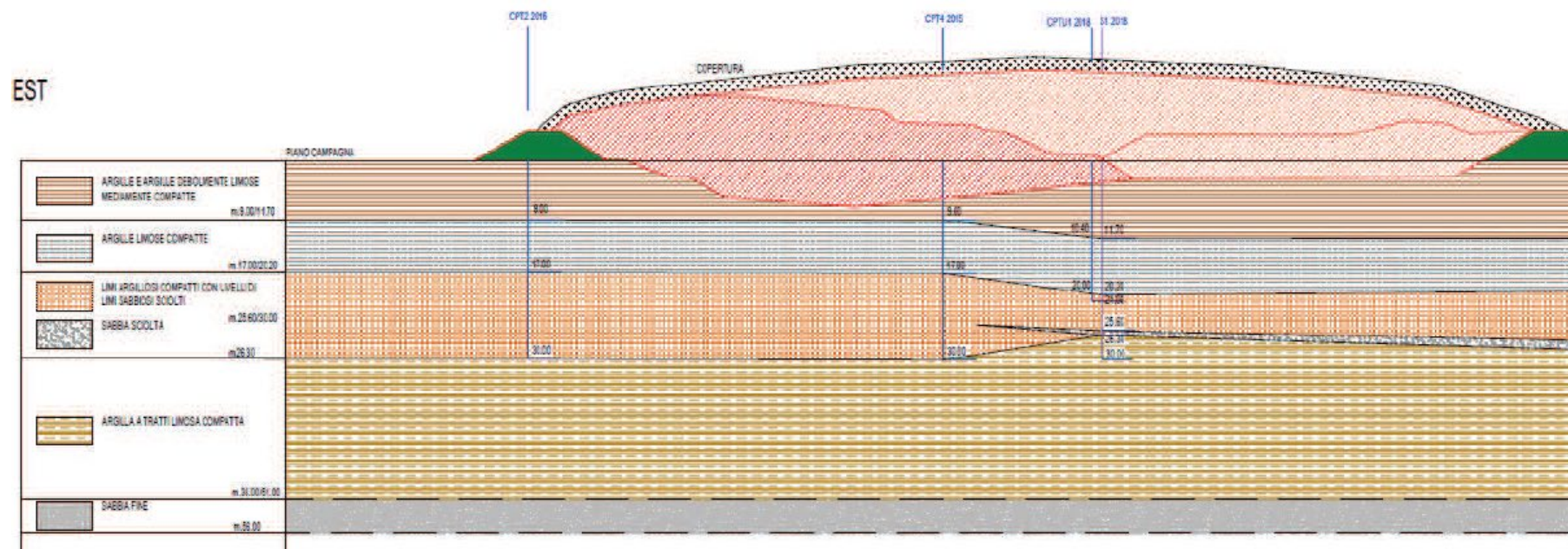
- n. 1 sondaggio geognostico eseguito in data 30 - 31/07/2018 e spinto alla profondità di - 30.00 metri dal piano viabilità interna discarica;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU eseguita in data 25/08/2018 e spinta alla profondità di - 21.00 metri dal piano viabilità interna discarica;
- n. 1 prova CPTU eseguita nel Marzo 1997 e spinta alla profondità di - 25.00 metri dal p.c.;
- n. 1 sondaggio geognostico eseguito nel febbraio 2006 all'estremità nord della discarica e spinto a - 56 metri dal piano campagna;
- n. 2 prove penetrometriche statiche CPT eseguite nell'aprile 2015, una sul lato sud e una sul lato est della discarica, spinte alla profondità di -30.00 metri dal p.c.

Nelle conclusioni elaborate dalla dott.ssa Ballista si ricava una ricostruzione litostratigrafica superficiale e profonda dell'area che risulta omogenea sull'intera area tecnologica con alcune differenze negli spessori degli strati.

“..

- *da 0.00 a - 8.80/11.70 m: argille ed argille debolmente limose e mediamente compatte;*
- *da - 8.80/11.70 a - 17.00/20.20 m: argille limose compatte;*
- *da - 17.00/20.20 a - 17.60/30.00m: limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti.*
- *“... Nella parte ovest si evidenzia un livello di sabbie che non continua nella parte est, dello spessore modesto variabile da 17.60 ÷ 20.20 m nella CPTU DEL 1997; 28.40 ÷ 30.40 m nel sondaggio S1 del 2006 -da 25.60 ÷ 26.30 m nel sondaggio S1 del 2018.*
- *da - 20.20/30.00 A - 38/51 m argilla a tratti limosa compatta;*
- *da - 38.0/51.0 m sabbia fine.*

Si riporta di seguito la litostratigrafia sintetica superficiale e profonda definita dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite in sito dal 30/07/2018 al 31/07/2018 dalla società GEO PROGETTI attraverso una sonda autocarrata USTANG ATLAS COOPCO A6, consultabili in maniera dettagliata nella relazione geologica relativa al progetto di ripristino morfologico con aumento di volumetrie della parte centrale della discarica approvato con DET-AMB-2020-4925 del 16/10/2020.



Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale
0.00 - 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE
9.00/11.70 - 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE
17.00/20.20 - 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIGLI SCIOLTI
25.60 - 26.30	LIVELLO DI SABBIE SCIOLTE
25.60/30.00 - 38.00/51.00	ARGILLE A TRATTI LIMOSE COMPATTE
38.00/51.00 - 56.00	SABBIE FINI

Figura 17 - Stratigrafia area di intervento

Si riportano di seguito le permeabilità misurate nelle citate campagne di indagine:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	PERMEABILITA' K verticale (cm/s)	PERMEABILITA' K orizzontale (cm/s)
0.00 - 9.00/11.70	ARGILLE E ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE MEDIAMENTE COMPATTE	2.55×10^{-7}	1.74×10^{-8}
9.00/11.70 - 17.00/20.20	ARGILLE LIMOSE COMPATTE	7.49×10^{-8}	3.58×10^{-8}
17.00/20.20 - 25.60/30.00	LIMI ARGILLOSI COMPATTI CON LIVELLI DI LIMI SABBIOSI SCIOLTI	/	4.81×10^{-8}

"I risultati sui valori di permeabilità misurati evidenziano una **barriera naturale caratterizzata da uno spessore significativo di 30.00 metri di orizzonti argillosi e argillo limosi impermeabili** se si fa riferimento alla classificazione dei terreni in base alla conducibilità idraulica K definita da Civita (2005) di seguito riproposta:

Tabella 1. Permeabilità dei terreni.

k (cm/s)	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie	Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee compatte					

La barriera naturale nel sito di intervento è da ritenersi continua e affidabile, **capace di garantire la separazione dell'acquifero confinato a - 38.00/51.00 metri dalla frangia freatica ...**".

Vengono quindi confermate sia la condizione litostratigrafica che le caratteristiche geomeccaniche e di permeabilità recentemente esaminate dagli enti coinvolti per il ripristino della parte est, con ipotesi e calcoli ripresi dalla Relazione Tecnica a firma dell'ing. Marco Torresendi dello Studio tecnico associato InGeco di Sona (VR):

"... pertanto, ripercorrendo le specifiche richieste dalla normativa, il calcolo di equivalenza può essere effettuato facendo il confronto tra i requisiti prestazionali del sistema barriera dello spessore di 1 m richiesto da normativa e le performance di uno strato di medesimo spessore costituito dal substrato geologico naturale presente in sito, come evidente dalla seguente tabella:

	D.Lgs. 36/2003	Barriera geologica naturale
k coefficiente di permeabilità [m/s]	$1,0 \times 10^{-09}$	$6,0 \times 10^{-10}$
[m/anno]	0,03	0,02
spessore dello strato [m]	1	14
tempo di attraversamento dello strato [anni]	31,7	739,9

Nel presente caso il calcolo di equivalenza del grado di protezione della barriera geologica naturale, porta alle seguenti considerazioni:

- il tempo di attraversamento per uno strato metrico della barriera naturale, pari a circa 53 anni, è maggiore di quanto prescritto dalla normativa, vale a dire circa 32 anni;

- lo strato geologico naturale di base ha uno spessore di almeno 14 metri al di sotto del piano di posa del corpo rifiuti (se si considera cautelativamente il primo livello sabbioso posto a circa 22-23 m di profondità⁴), ben superiore allo strato minimo di 1 metro prescritto da normativa, e quindi il tempo di attraversamento di tutto lo strato diventa di circa 740 anni.

Si può pertanto ritenere sufficiente il grado di protezione ambientale determinato dalle caratteristiche dei terreni naturali su cui è stata impostata la discarica ...”.

L’assetto idrogeologico dell’area è stato approfondito nella “Relazione di approfondimento sullo stato idrogeologico dell’area⁵” redatta da AIMAG nell’ambito del progetto di “Raccordo morfologico tra area est ed area ovest”

Nella successiva Figura 18 viene schematizzata la sezione geologica dell’area tratta dal volume “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (1998).

La sezione mostra la presenza sulla verticale di tre gruppi acquiferi A, B e C a partire dal piano campagna.

Il gruppo acquifero A è attualmente sfruttato in modo intensivo, il Gruppo Acquifero B è sfruttato solo localmente, il Gruppo Acquifero C, isolato rispetto alle superfici per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato.

Ciascun gruppo acquifero a sua volta viene suddiviso in diversi complessi acquiferi e acquitardi, secondo un modello di suddivisione gerarchico per ranghi via via più piccoli sulla base della dimensione e dell’estensione areale dei corpi idrogeologici che li compongono.

Sulla base di alcune loro caratteristiche geometriche, gli acquiferi nel sottosuolo si distinguono in:

- acquifero monostrato, si sviluppa nella zona a ridosso dell’Appennino dove troviamo un unico acquifero costituito da ghiaie che dalla superficie continuano nel sottosuolo per decine e decine di metri senza soluzione di continuità; tale zona corrisponde anche alla zona di ricarica degli acquiferi;
- acquifero multistrato, si sviluppa più a nord del precedente dove i corpi di ghiaie e sabbie si separano gli uni dagli altri per la presenza di intercalazioni di terreni più fini (limi e argille) e costituiscono quindi diversi acquiferi verticalmente sovrapposti (caso dell’area comunale di Medolla).

⁴ Le indagini effettuate evidenziano un livello di sabbie che non continua nella parte est, dello spessore modesto variabile da 17.60 + 20.20 m.

⁵ Relazione di approfondimento sullo stato idrogeologico dell’area, luglio 2019

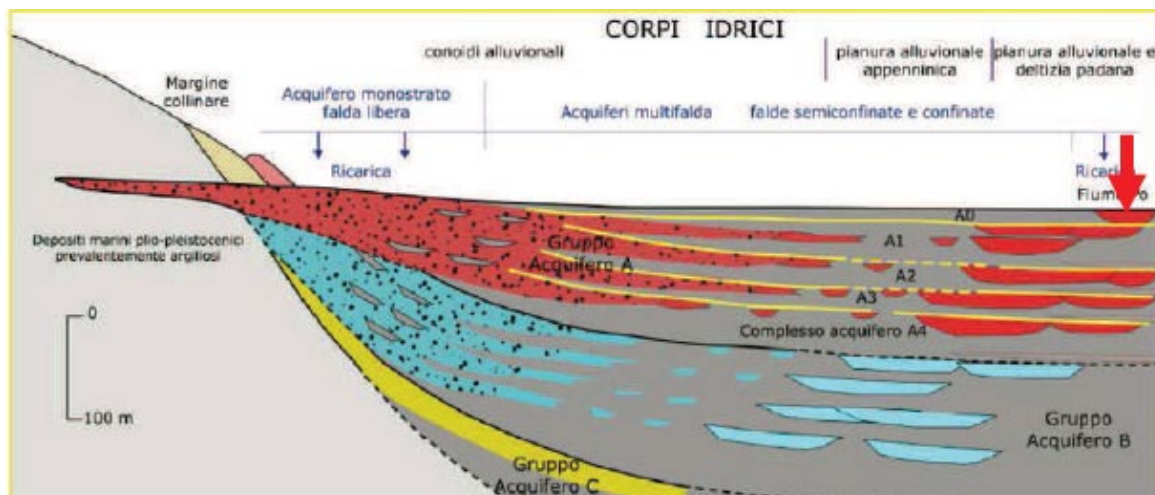


Figura 18 – Distribuzione schematica dei corpi idrici e delle unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola (la freccia indica la situazione in Comune di Medolla)

Nell'area di progetto, la componente idrica sotterranea è rappresentata da due livelli principali: il complesso A0, superficiale, e il complesso A1, profondo. La distinzione tra i due è fondamentale ai fini della valutazione ambientale e dell'applicazione dell'analisi di rischio.

L'acquifero A1 costituisce il primo vero e proprio acquifero presente nel sottosuolo dell'area di sito. È composto da sedimenti sabbiosi (sabbie limose, sabbie medie e fini), che si sviluppano a partire da una profondità di circa -38 m da piano campagna fino a circa -51 m, per uno spessore complessivo di circa 13 metri. Questo orizzonte è in pressione e confinato superiormente da litologie a bassa permeabilità (argille e limi), che ne garantiscono la protezione da infiltrazioni superficiali.

In base alla definizione contenuta nell'art. 54 del D.Lgs. 152/2006, l'acquifero A1 risponde pienamente ai requisiti di corpo idrico sotterraneo significativo, ossia: *"gli accumuli d'acqua contenuti nel sottosuolo permeanti la matrice rocciosa, posti al di sotto del livello di saturazione permanente. Fra essi ricadono le falde freatiche e quelle profonde (in pressione o no) contenute in formazioni permeabili, e, in via subordinata, i corpi d'acqua intrappolati entro formazioni permeabili con bassa o nulla velocità di flusso. Le manifestazioni sorgentizie, concentrate o diffuse (anche subacquee) si considerano appartenenti a tale gruppo di acque in quanto affioramenti della circolazione idrica sotterranea. Non sono significativi gli orizzonti saturi di modesta estensione e continuità all'interno o sulla superficie di una litozona poco permeabile e di scarsa importanza idrogeologica e irrilevante significato ecologico"*.

Al di sopra dell'acquifero A1 si trova il **complesso A0**, costituito da sedimenti argillosi e limo-argillosi, con intercalazioni limose. In questo livello si osserva una circolazione idrica superficiale, lenta e discontinua, alimentata prevalentemente da infiltrazioni meteoriche. La permeabilità dei materiali è molto bassa, e la circolazione idrica è limitata a orizzonti saturi di modesta estensione e continuità, privi di rilevanza idrogeologica.

Pertanto, secondo il D.Lgs. 152/2006, il complesso A0 non può essere considerato un acquifero significativo, ma piuttosto un acquitardo superficiale.

Le indagini sito specifiche condotte in ottemperanza alle prescrizioni di AIA prevedono campagne di monitoraggio della falda profonda mediante una rete di 5 pozzi aventi le caratteristiche indicate nella tabella sottostante.

Numero Pozzo	Quota ¹ p.c. (m s.l.m.)	Quota ¹ b.f. ² (m s.l.m.)	Profondità (m d.p.c.)	Ubicazione
P1	17,17	17,46	55	Lato sud
P2 bis	17,68	17,50	47	Lato nord
P3	17,15	17,18	50	Lato sud-ovest
P5	17,32	17,54	56	Lato nord
P6	17,48	17,48	60	Lato est

Figura 19 – Caratteristiche dei piezometri costituenti la rete di monitoraggio

I piezometri della rete di monitoraggio della discarica controllano il **primo acquifero del gruppo acquifero A1**.

Si tratta di un acquifero multistrato, in pressione (o confinato), dove l'acqua, all'interno dei depositi permeabili, è confinata superiormente dalla presenza di depositi impermeabili o poco permeabili (gli acquitardi).

I valori riportati nella seguente Tabella 5 derivano dai monitoraggi effettuati nei piezometri ubicati nell'area di sito durante le campagne condotte negli ultimi tre anni.

La disposizione dei piezometri di controllo è stata studiata tenendo in considerazione una direzione di flusso all'interno dell'acquifero da SW a NE. Tale modello di flusso evidenzia, che i pozzi P1 e P3 risultano ubicati a monte dell'impianto e quindi esclusi da ogni forma di influenza della discarica (bianco), mentre i pozzi P2bis, P5 e P6 risultano a valle e cioè fungono da controllo.

L'analisi dei dati piezometrici rilevati nei pozzi di monitoraggio (P1, P2bis, P3, P5, P6) evidenzia che la superficie piezometrica si colloca sistematicamente al di sopra della quota di fondo filtro in ciascun piezometro. In particolare, con differenze positive che indicano una pressione idrostatica superiore rispetto al livello di captazione.

Questa condizione è tipica di un acquifero confinato in pressione, dove l'acqua è contenuta all'interno di livelli permeabili (sabbie) sovrastati da litologie a bassa permeabilità (argille e limi), che agiscono da acquitardo. La presenza di pressione è confermata dal fatto che, in caso di perforazione, il livello piezometrico risale nel tubo piezometrico oltre la quota del tetto dell'acquifero.

L'analisi dei dati mostra che la soggiacenza rispetto al piano campagna si mantiene relativamente stabile, con valori medi compresi tra circa 5,4 m e 5,7 m nei diversi piezometri. Tale stabilità indica una condizione idrogeologica consolidata nel tempo.

Periodo della campagna		mar-24	giu-24	set-24	nov-24	mar-23	giu-23	set-23	nov-23	mar-22	giu-22	set-22	nov-22
	QUOTA PIANO CAMPAGNA (m s.l.m.)	SOGGIACENZA RISPETTO AL BOCCA FORO (m da b.f.)											
POZZO P1	17,17	5,14	4,92	5,5	4,91	5,56	5,23	6	5,52	5,6	6,42	6,4	5,75
POZZO P2BIS	17,68	5,19	4,9	5,46	4,91	5,45	5,2	5,86	5,55	5,56	6,24	6,26	5,96
POZZO P3	17,15	5,06	4,6	5,09	4,51	5,3	4,95	5,97	5,25	5,12	6,05	6,41	5,58
POZZO P5	17,32	5,25	4,9	5,41	4,93	5,49	5,2	5,92	5,54	5,51	6,25	6,38	5,88
POZZO P6	17,48	5,32	4,88	5,47	4,92	5,58	5,26	6,01	5,4	5,61	6,33	6,4	5,71
	QUOTA B.F. - QUOTA P.C. (m)	SOGGIACENZA RISPETTO AL PIANO CAMPAGNA (m da p.c.)											
POZZO P1	0,29	4,85	4,63	5,21	4,62	5,27	4,94	5,71	5,23	5,31	6,13	6,11	5,46
POZZO P2BIS	-0,18	5,37	5,08	5,64	5,09	5,63	5,38	6,04	5,73	5,74	6,42	6,44	6,14
POZZO P3	0,03	5,03	4,57	5,06	4,48	5,27	4,92	5,94	5,22	5,09	6,02	6,38	5,55
POZZO P5	0,22	5,03	4,68	5,19	4,71	5,27	4,98	5,7	5,32	5,29	6,03	6,16	5,66
POZZO P6	0	5,32	4,88	5,47	4,92	5,58	5,26	6,01	5,4	5,61	6,33	6,4	5,71
	QUOTA BOCCA FORO (m s.l.m.)	PIEZOMETRIA (m s.l.m.)											
POZZO P1	17,46	12,32	12,54	11,96	12,55	11,9	12,23	11,46	11,94	11,86	11,04	11,06	11,71
POZZO P2BIS	17,5	12,31	12,6	12,04	12,59	12,05	12,3	11,64	11,95	11,94	11,26	11,24	11,54
POZZO P3	17,18	12,12	12,58	12,09	12,67	11,88	12,23	11,21	11,93	12,06	11,13	10,77	11,6
POZZO P5	17,54	12,29	12,64	12,13	12,61	12,05	12,34	11,62	12	12,03	11,29	11,16	11,66
POZZO P6	17,48	12,16	12,6	12,01	12,56	11,9	12,22	11,47	12,08	11,87	11,15	11,08	11,77

Tabella 5 - Soggiacenza e piezometria

I terreni coesivi sovrastanti l'acquifero svolgono un'azione di protezione nei confronti di una eventuale migrazione verso la falda sotterranea ubicata a partire dalla quota minima di - 38.00 metri; infatti, con riferimento alla cartografia redatta per il PTCP (2009), è stata valutata la vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero in esame.

La vulnerabilità intrinseca di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia superficiale, la struttura del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica e di deflusso del corpo idrico sotterraneo.

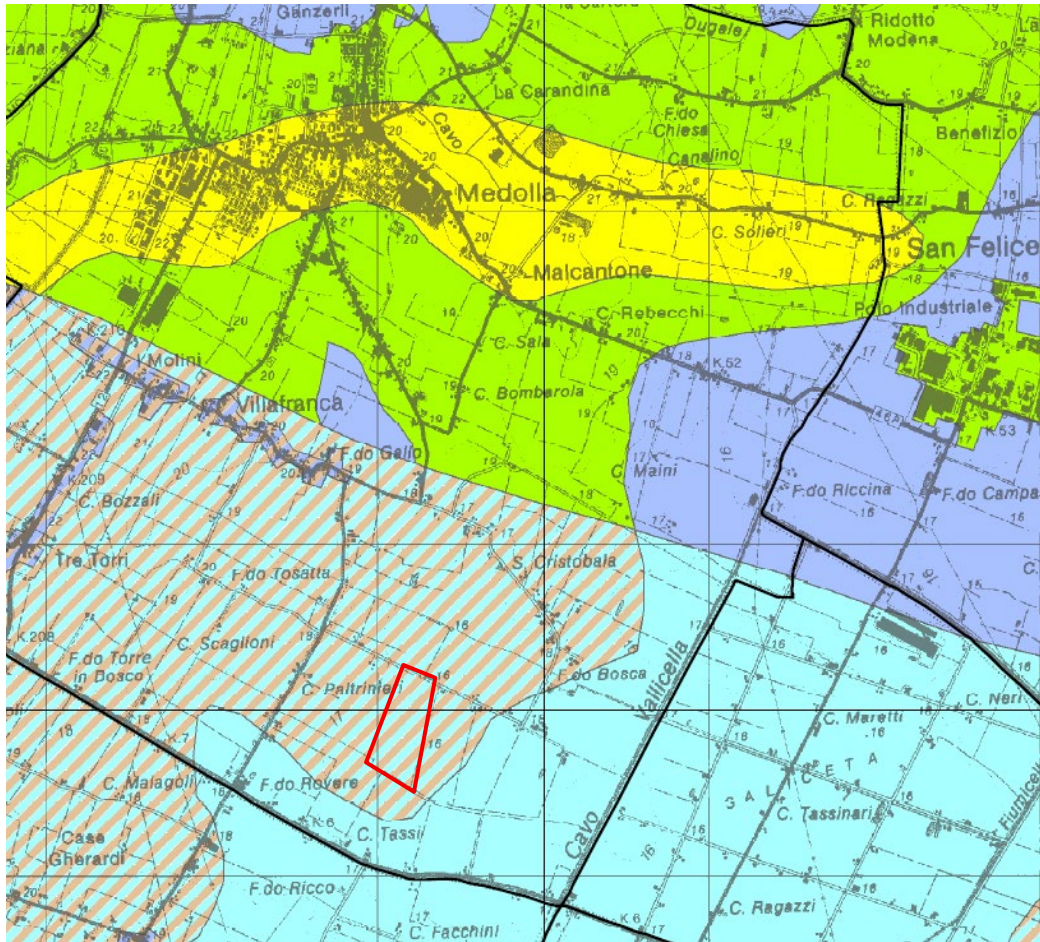
La carta di vulnerabilità dell'acquifero principale, redatta dalla Provincia di Modena nell'ambito del Nuovo PTCP (marzo 2009), consente di indirizzare e modificare le scelte da affrontare per "la gestione" del

territorio, utile soprattutto in ambito urbano dove sono possibili interventi edilizi che interessano il sottosuolo. Le informazioni riportate sulla carta di cui si allega uno stralcio che interessa l'area in oggetto, sono state ottenute mediante l'incrocio di quattro fattori:

- litologia del terreno e di conseguenza permeabilità del substrato;
- profondità del tetto delle ghiaie;
- tipo di acquifero (libero o confinato);
- capacità di attenuazione del suolo.

L'ultimo parametro è di nuova introduzione e consente, pur non apportando sconvolgimenti rilevanti rispetto alle più vecchie carte elaborate, di meglio dettagliare le diverse situazioni, in particolare quelle delle classi estreme (basso ed elevato) operando con maggiori garanzie l'attribuzione delle classi di vulnerabilità. L'area oggetto di studio viene classificata come **area a vulnerabilità molto bassa**.

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta "Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" redatta per il Nuovo PTCP con indicata la zona di studio.



* GRADO DI VULNERABILITA'						LITOLOGIA SUPERFICIE	PROFONDITA' TETTO GHIAIE E SABBIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO	CAPACITA' ATTENUAZIONE SUOLO
EE	E	A	M	B	BB				
						- Zona di MEDIA PIANURA: Area caratterizzata da assenza di acquiferi significativi, nella quale sono presenti livelli di ghiaia solamente al di sotto dei 100 m di profondità e di sabbia al di sotto dei 25 m di profondità			
						(**) Paleoalvei recenti e depositi di rotta, sede di acquiferi sospesi.			
						limo	> 100	libero	AM
						sabbia	> 100	libero	AM
						limo	> 100	libero	B
						sabbia	> 100	libero	B
						argilla	> 10	libero/confinato	AM
						limo	> 10	libero/confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	confinato	A
						argilla	> 10	libero/confinato	B
						argilla e/o limo	< 10	libero	AM
						limo	> 10	libero/confinato	MB
						argilla e/o limo	< 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	AM
						argilla e/o limo	< 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	B
						Alvei fluviali disperdenti			

Figura 20 – Stralcio Tavola 3.1.1 Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale
[Fonte: PTCP Modena]

3.2.2 CARATTERIZZAZIONE DEI MEDIA AMBIENTALI

In questa fase della formulazione del modello concettuale si descrivono i media ambientali interessati dal potenziale rilascio di contaminanti dalla sorgente primaria di contaminazione (ossia il fondo della discarica nella sua configurazione di progetto).

Analizzando le potenziali emissioni di percolato, in relazione al contesto territoriale in cui il sito di discarica è collocato, si procede nella descrizione e caratterizzazione dei seguenti media ambientali potenzialmente interessati dalla contaminazione:

- zona insatura di terreno al di sotto del corpo discarica;
- zona satura acquifero.

Per ciascun media ambientale potenzialmente coinvolto vengono descritti di seguito tutti i parametri necessari per il calcolo dei fattori di trasporto e quindi stimare le concentrazioni dei COCs.

Le caratteristiche dell'acquifero e dell'insaturo utilizzate nelle simulazioni modellistiche sono descritte nei relativi paragrafi.

3.2.2.1 PARAMETRI PER LA ZONA INSATURA

La scelta dei valori rappresentativi per ciascun parametro caratteristico della zona insatura viene svolta analizzando i dati sito specifici a disposizione.

3.2.2.1.1 GRANULOMETRIA DEL TERRENO

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

Come descritto al paragrafo precedente (§ 3.1.3.1), il terreno su cui poggia il fondo della discarica è di tipo argilloso con un valore di permeabilità **K_r pari a $2,55 \times 10^{-9}$ m/s.**

3.2.2.1.2 SOGGIACENZA DELLA FALDA

La soggiacenza espressa dal parametro L_{gw} è definita come la distanza verticale tra il fondo della discarica e la superficie piezometrica, ed è espressa in metri (m).

Sulla base di questa evidenza, e in coerenza con il Modello Concettuale di Sito (MCS) che assume l'intero fondo della discarica a contatto diretto con il suolo, ai fini delle valutazioni ambientali per il parametro **L_{gw} si assume un valore rappresentativo pari a -38 m dal p.c.**

3.2.2.2 PARAMETRI PER LA ZONA SATURA (ACQUIFERO)

La scelta dei valori rappresentativi per ciascun parametro caratteristico della dell'acquifero viene svolta analizzando prioritariamente i dati sito specifici a disposizione in riferimento al Gruppo Acquifero A1 come indicato in precedenza (§ 3.2.1).

3.2.2.2.1 GRANULOMETRIA DEL TERRENO

In riferimento alla tessitura granulometrica dei sedimenti costituenti l'acquifero (sabbie limose, sabbie medie e fini), si può attribuire una conducibilità idraulica media compresa indicativamente tra 10^{-5} e 10^{-6} m/s, coerente con litologie sabbiose a granulometria fine e moderatamente eterogenea (cfr. successiva Tabella 6).

La presenza di intercalazioni limose e la discontinuità dei livelli sabbiosi contribuiscono a una permeabilità moderata, tipica di acquiferi confinati in ambienti alluvionali.

3.2.2.2.2 DIREZIONE DI FLUSSO DELL'ACQUIFERO

La direzione del flusso prevalente dell'acquifero interessato dal rilascio di percolato dalla discarica rappresenta un parametro importante per la definizione del MCS.

La falda sotto al corpo di discarica fluisce seguendo la direttrice appennini / pianura in **direzione SW-NE**, come confermato dall'analisi dei livelli piezometrici riportati nella Tabella 6 e coerente con la morfologia del territorio descritta nel § 3.2.1.

3.2.2.2.3 SPESSORE DELL'ACQUIFERO

È lo spessore compreso tra la tavola d'acqua ed il letto dell'acquifero identificato come limite basale.

Con riferimento a quanto descritto nel 3.2.2, l'acquifero monitorato (A1), appartenente al gruppo acquifero A, è di tipo **multistrato confinato** e si sviluppa a partire da una profondità minima di circa **-38 m da piano campagna**, con estensione verticale fino a circa **-51 m**, per uno **spessore complessivo variabile tra 13 e 15 m**.

Tale intervallo comprende sabbie limose e sabbie medie-fini, non sempre continue, che costituiscono l'orizzonte permeabile.

Cautelativamente si considera dunque uno spessore medio dell'acquifero pari a **dsw = 13 m**.

3.2.2.2.4 GRADIENTE IDRAULICO DELLA ZONA SATURA

In un mezzo saturo, si definisce carico piezometrico h in un dato punto A la somma tra l'altezza geometrica z_A (distanza del punto considerato da un piano arbitrario di riferimento $z = 0$) e l'altezza di pressione $\frac{p_A}{\rho g}$ (risalita dell'acqua per effetto della sua pressione p_A , dove p è la densità del fluido e g è l'accelerazione di gravità):

$$h = z + \frac{p}{\rho g}$$

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:

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

Ai fini della definizione di un modello semplificato per l'analisi di rischio, e in coerenza con l'ipotesi di falda a debole pendenza descritta nel paragrafo § 3.2.1, si è proceduto al calcolo del gradiente idraulico

utilizzando i dati piezometrici sito-specifici riportati in Tabella 5. Sono stati considerati i valori medi di piezometria per ciascun pozzo.

Il gradiente idraulico è stato calcolato come rapporto tra la differenza di carico piezometrico (Δh) e la distanza planimetrica tra le coppie di piezometri rappresentative della condizione monte (P1) – valle (P2BIS, P5) nella direzione di flusso.

Si ricava un gradiente idraulico medio pari a $i = 0,00015 \text{ m/m}$ (0,15 ‰)

3.2.2.2.5 CONDUCIBILITÀ IDRAULICA A SATURAZIONE DEL TERRENO SATURO

La conducibilità idraulica a saturazione (K_{sat}) è una misura che indica la capacità del terreno saturo di trasmettere il flusso di acqua/contaminanti. In un terreno isotropo ed omogeneo essa è costante.

Nel tool Leach8 è possibile stabilire il valore della conducibilità idraulica in funzione delle diverse tipologie di terreno:

TESSITURA	$K_{sat} \text{ (m/s)}$
Sand	8.25E-05
Loamy Sand	4.05E-05
Sandy Loam	1.23E-05
Sandy Clay Loam	3.64E-06
Loam	2.89E-06
Silt Loam	1.25E-06
Clay Loam	7.22E-07
Silty Clay Loam	1.94E-07
Silty Clay	5.56E-08
Silt	6.94E-07
Sandy Clay	3.33E-07
Clay	5.56E-07

Tabella 6 - Conducibilità idraulica dell'acquifero in funzione della tessitura selezionata (ISPRA, 2008).

Nel caso in esame, come precedentemente visto, riferendosi ad uno strato di sabbia (Sand) si individua un valore di K_{sat} pari a $8,25 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

4 ANALISI DI RISCHIO

4.1 MODALITÀ DI ANALISI

In conformità con quanto previsto dall'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. la valutazione del rischio viene limitata al calcolo del trasporto nelle matrici ambientali e al confronto al Punto di Conformità (POC) con i limiti di riferimento.

Il POC viene posto immediatamente sotto la potenziale sorgente di contaminazione (discarica) lungo la verticale, ossia a distanza planimetrica pari a 0 m dalla sorgente. Non vengono quindi presi in considerazione eventuali fenomeni di dispersione e di diluizione della potenziale contaminazione connessi al trasporto delle acque sotterranee fino al POC.

La procedura di calcolo che consente di determinare la concentrazione accettabile in discarica [Cacc(discarica)], pari alla concentrazione in deroga, a partire dalla concentrazione accettabile nelle acque sotterranee [Cacc(acquesott)] al di sotto del corpo discarica, lungo la verticale, si attua attraverso il calcolo del Fattore di Lisciviazione (Leaching Factor) "LF".

Tale fattore rappresenta il rapporto tra la concentrazione che si avrà in falda, Cacc(acquesott) e quella in uscita dalla sorgente-discarica Cacc(discarica) (espressa in mg/l).

$$C_{acc(discarica)} \left[\frac{mg}{L_{percolato}} \right] = \frac{C_{acc(acquesott)}}{LF} \quad [1]$$

Nel caso in esame non si procede con un approccio finalizzato alla determinazione della concentrazione massima ammissibile nel percolato in discarica, ma si vuole invece verificare se la presenza in discarica di un percolato definito in relazione alla deroga richiesta possa determinare concentrazioni accettabili in falda nell'ipotesi di rilascio dal fondo della discarica.

L'equazione [1] secondo cui si opera diventa quindi la seguente:

$$C_{acquesott} = C_{discarica} \times LF \quad [1a]$$

volendo verificare per ogni parametro che assumendo Cdiscarica pari alla concentrazione definita nel Percolato Virtuale Cacquesott < Cacc(acquesott).

In altre parole, si verifica che in caso di rilascio di un percolato con concentrazioni pari a quelle del Percolato Virtuale non vi sia superamento delle concentrazioni ammissibili in falda.

Il regime di deroga richiesto è relativo al solo parametro DOC; pertanto, il percolato ai fini dell'analisi di rischio è stato definito in relazione a tale parametro.

Il fattore di lisciviazione LF, che rappresenta il rapporto tra la concentrazione in falda e quella in uscita dalla sorgente-discarica, viene stimato mediante la seguente equazione:

$$LF \left[\frac{mg / L_{acqua}}{mg / L_{percolato}} \right] = \frac{SAM}{LDF} \quad [2]$$

dove:

- **SAM (Soil Attenuation Model):** coefficiente di attenuazione del suolo insaturo 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.

Tale fattore viene calcolato come:

$$SAM = \frac{d_d}{L_{GW}} \quad [3]$$

dove

- d_d è la profondità rispetto al p.c. dello strato impermeabile di fondo (punto di potenziale emissione del percolato);
- L_{GW} è la soggiacenza delle acque di prima falda rispetto al piano campagna.

Il SAM è da considerare solo quando la migrazione verticale avviene nel suolo insaturo non contaminato; pertanto, tale coefficiente non è utilizzabile nel caso di discariche sopraelevate.

Coerentemente con il MCS, dove si assume che tutto il settore di discarica i progetto poggia direttamente sul terreno, nel caso in esame viene considerato il fattore SAM.

- **LDF (Leachate Dilution Factor):** fattore di diluizione in falda, che dipende dal rapporto della portata di infiltrazione e la portata di falda nella zona di miscelazione ed è pari a:

$$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \partial_{gw} \cdot S_w}{L_f} \quad [4]$$

dove:

- S_w è la dimensione della superficie di fondo della discarica, assimilata ad una figura rettangolare, in direzione ortogonale al flusso di falda;
- v_{gw} è la velocità di Darcy dell'acquifero, calcolata come prodotto tra la conducibilità idraulica dell'acquifero (K_{sat}) e il gradiente idraulico (i):

$$v_{gw} = K_{sat} \cdot i \quad [5]$$

- δ_{gw} è lo spessore della zona di miscelazione dell'acquifero, stimato in maniera indiretta utilizzando la seguente equazione (ISPRA, 2008)

$$\begin{cases} \delta_{gw} = (2 \cdot \alpha_z \cdot W)^{0.5} + d_a \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{W \cdot I_{eff}}{v_{gw} \cdot d_a}\right) \right] & \text{per } \delta_{gw} \leq d_a \\ \delta_{gw} = d_a & \text{per } \delta_{gw} > d_a \end{cases} \quad [6]$$

dove

- W dimensione della superficie di fondo della discarica, assimilata ad una figura rettangolare, nella direzione principale del flusso di falda,
- d_a spessore dell'acquifero,
- v_{gw} velocità di Darcy calcolata con l'equazione [5]
- α_z : dispersività verticale, calcolata come $0.005 \times W$ (ISPRA, 2008)
- I_{eff} (m/s): infiltrazione efficace stimata in funzione del percolato prodotto e della superficie di fondo della discarica:

$$I_{eff} = L_f / A_f \quad [7]$$

dove:

- A_f superficie di fondo della discarica,
- L_f flusso di percolato in uscita dalla discarica, calcolato come di seguito indicato.

In merito al calcolo di L_f , ossia del flusso di percolato uscente dalla discarica (in m^3/s), l'Allegato 7 al D.Lgs. 36/2003 prevede che sia calcolato mediante l'applicazione della seguente equazione:

$$L_f = K_i \times \frac{h_{perc} + d_i}{d_i} \times A_f \quad [8]$$

Dove:

- K_i è la Conducibilità idraulica dello strato di impermeabilizzazione
- h_{perc} è l'altezza del livello di percolato al di sopra del pacchetto impermeabile
- d_i è lo spessore dello strato di impermeabilizzazione
- A_f è la superficie di fondo della discarica

Ai fini del calcolo del fattore LDF, con particolare riferimento alla stima del flusso di percolato in uscita dalla discarica e del flusso di falda, è consentito l'utilizzo di modelli matematici e di formule alternative a condizione che risultino riconosciuti e validati a livello internazionale.

Per il calcolo di L_f vengono quindi utilizzate le equazioni definite nelle linee guida ISPRA (2005)⁶ e parere ISPRA (2011)⁷.

$$L_f = A_f \cdot \left[(\rho_m \cdot L_{fm}) + (\rho_f \cdot L_{ff}) + (\rho_s \cdot L_{fs}) \right] \quad [8a]$$

⁶ "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche", giugno 2005, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

⁷ Nota integrativa della nota ISPRA prot. n. 30237 del 16/09/2010, sull'applicazione della circolare del Ministero dell'ambiente della Tutela del Territorio e del Mare n. 0014963 del 30/06/2009. Prot. ISPRA n. 36365 del 31/10/2011.

Dove:

- A_f (ha): superficie di fondo della discarica;
- p_m, p_f, p_s (numero/ha): densità difetti dei microfori, fori e strappi della geomembrana;
- $L'_{fm}, L'_{ff}, L'_{fs}$ (m^3/s): flussi di percolato che filtrano rispettivamente attraverso i microfori, fori e strappi.

I flussi di percolato che filtrano attraverso i microfori, fori e strappi flussi sono calcolati mediante le seguenti equazioni:

$$\begin{cases} L'_{fm} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_m^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{microfori} \\ L'_{ff} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_f^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{fori} \\ L'_{fs} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_s^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{strappi} \end{cases} \quad [9]$$

Dove:

- $C_d(-)$: costante adimensionale che descrive la qualità del contatto tra la geomembrana e lo strato sottostante. Giroud et al. (1992) propone due valori per tale costante: 0,21 nel caso di buon contatto e 1,15 nel caso di pessimo contatto;
- $h_{perc}(m)$: altezza del livello di percolato al di sopra della geomembrana;
- $i_{av}(-)$: gradiente idraulico medio verticale;
- $a_i (m^2)$: area dei difetti presenti (fori, buchi e strappi) presenti nella geomembrana
- $K_{eq} (m/s)$: conducibilità idraulica del materiale impermeabile al di sotto dello strato di impermeabilizzazione dello strato o qualora siano presenti più strati, per esempio argilla e materassino bentonitico, conducibilità idraulica equivalente.

Infine, Il gradiente idraulico medio verticale in caso di presenza di geomembrana viene calcolato mediante la seguente equazione:

$$i_{av} = 1 + 0,1 \cdot \left(\frac{h_{perc}}{d_{unsat}} \right)^{0,95} \quad [10]$$

Dove:

- $h_{perc} (m)$: livello del percolato sul fondo della discarica;
- $d_{unsat} (m)$: spessore dello strato minerale attraversato.

Le equazioni sopra illustrate ed utilizzate per le valutazioni di rischio sono tutte implementate all'interno del tool Leach8.

4.2 DATI DI INPUT ALL'ANALISI DI RISCHIO

Nella seguente tabella si sintetizzano i dati utilizzati per l'Analisi, come illustrati al precedente capitolo.

Simbolo	Parametro	U.d.M.	Valore	Fonte
A_f	superficie di fondo della discarica	m^2	139.000	Dati di progetto
d_d	profondità rispetto al p.c. dello strato impermeabile di fondo	m	3 (punto più depresso area nuovo invaso)	
L_{GW}	soggiacenza delle acque di prima falda rispetto al piano campagna	m	38	Valori definiti sulla base delle indagini sito specifiche
S_w	dimensione della discarica in direzione ortogonale al flusso di falda	m	340	
i	gradiente idraulico	m/m	0,00015	
W	estensione della discarica nella direzione principale del flusso di falda	m	560	
d_a	spessore dell'acquifero	m	13	
K_r	conducibilità idraulica della barriera geologica naturale	m/s	$2,55 \cdot 10^{-9}$	
d_{unsat}	spessore dello strato minerale attraversato	m	35	Dato da letteratura
K_{sat}	conducibilità idraulica dell'acquifero	m/s	$8,25 \cdot 10^{-5}$	
h_{perc}	livello del percolato sul fondo della discarica	m	0,5	

Tabella 7 – Dati di input per il tool Leach8

4.3 VALORI DI ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO

In termini di protezione delle acque sotterranee il riferimento legislativo principale è costituito dalla Tabella 2 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V - del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. che definisce le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) nelle acque sotterranee per circa 90 elementi o composti chimici.

Tuttavia, tra i vari parametri non sono presenti tutti quelli previsti dal D.lgs. 36/2003 e ss.mm.ii. in riferimento alle analisi sull'eluato per l'ammissibilità in discarica dei rifiuti.

Nel software Leach8 sono implementati, come limiti per le acque sotterranee, i valori definiti nella Tab. 3 del D.Lgs. 30/2009 e dove non disponibili i valori suggeriti nell'Allegato 7 del D.Lgs. n. 36/2003 o le CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

In riferimento al parametro DOC, l'allegato 7 propone di utilizzare:

“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)”.

I parametri precaricati nel tool sono riportati in tabella seguente.

Parametro	Limiti acque sotterranee	
	Concentrazione limite (mg/l)	Note
DOC	10	All. 7 - D.Lgs. 36/2003

Tabella 8 - Parametri valutati da Leach8 e concentrazione limite acque sotterranee

4.4 RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'applicazione dell'Analisi di Rischio. Si evidenziano in colore rosso i valori che non rientrano entro i limiti di accettabilità del parametro cui essi si riferiscono.

Il parametro Rgw indica il rapporto tra la concentrazione attesa in falda e il limite di riferimento, e dunque si ritiene accettabile se minore dell'unità.

	Concentrazione limite in falda	Concentrazione nel percolato virtuale	Concentrazione attesa in falda	Rischio Risorsa Idrica (Rgw)
	mg/l	mg/l	mg/l	-
DOC	10,00	300	1,77	0,177

Tabella 9 - Risultati della simulazione

Come si evince dalla tabella sopra riportata, il valore di Rgw risulta pari a 0,177, quindi ampiamente inferiore all'unità.

Tale risultato indica che la concentrazione attesa in falda è ben al di sotto del limite di accettabilità, **confermando un rischio da ritenersi accettabile per la risorsa idrica sotterranea in base al regime di deroga richiesto.**

5 CONCLUSIONI

Il presente elaborato costituisce la Valutazione del Rischio sito specifica predisposta ai sensi dell'Allegato 7 del D.lgs. 36/2003 e s.m.i. e redatta al fine di costituire un adeguato supporto per l'istanza di autorizzazione nell'ambito del progetto di "Continuità di esercizio della discarica esistente sita nel comune di Medolla".

La stessa si configura come *"discarica per rifiuti non pericolosi"* ai sensi dell'art. 4, comma 1, lett. b) del D.Lgs. 36/2003.

L'istanza autorizzativa prevede la **richiesta di deroga ai limiti sull'eluato del test di cessione definiti in via generale dal D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. per l'ammissibilità dei rifiuti in discarica e la riclassificazione della discarica come sottocategoria di discarica per rifiuti non pericolosi così come definita all'art 7-sexies comma 1 lett. c) del D.lgs. 36/2003 e ss.mm.ii.: *"discarica per rifiuti misti non pericolosi con elevato contenuto sia di rifiuti organici o biodegradabili che di rifiuti inorganici, con recupero di biogas"*.**

La richiesta di deroga è relativa al parametro DOC in riferimento al solo codice EER 19 02 06 *"Fanghi prodotti da trattamenti chimico-fisici"*.

Ai fini della redazione della presente Analisi di Rischio sono state elaborate le informazioni presenti negli Elaborati di Progetto, presentati contestualmente allo Studio di Impatto Ambientale. Tali informazioni hanno consentito di costruire un Modello Concettuale di sito che corrisponde ad un'astrazione, in termini numerici, delle diverse componenti naturali ed antropiche da inserire nelle equazioni per il calcolo del rischio ambientale, inteso come possibilità di lisciviazione del percolato verso l'acquifero a causa di potenziali discontinuità nei presidi di contenimento realizzati.

Ove i dati necessari non erano presenti o non univocamente definiti, si sono assunti valori cautelativi a maggiore garanzia dell'eshaustività e della conservatività dell'analisi stessa.

In particolare, il modello concettuale di sito è stato costruito adottando ipotesi cautelative, tra cui:

- l'assunzione che l'intero fondo della discarica sia a diretto contatto con il suolo, indipendentemente dalle effettive stratigrafie dei singoli areali;
- la non considerazione dello strato di impermeabilizzazione artificiale nel calcolo;
- l'adozione di un battente idraulico uniforme pari a 0,5 m su tutta la superficie di fondo, rappresentando lo scenario più conservativo;
- la semplificazione del percorso di migrazione con punto di conformità posto immediatamente sotto la sorgente, senza considerare dispersione e diluizione lungo il flusso di falda.

In tale condizione è possibile affermare che in considerazione della costruzione del Modello Concettuale, delle assunzioni conservative e dei risultati ottenuti, **il rischio calcolato per la risorsa idrica sotterranea risulta del tutto accettabile in riferimento all'ipotesi di operare in deroga rispetto a quanto previsto in via generale dal D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. per l'ammissibilità dei rifiuti in discarica.**



AIMAG S.p.A.

Discarica per rifiuti speciali non pericolosi

Comune di Medolla (MO), via Campana n.16

CONTINUITÀ DI ESERCIZIO DELLA DISCARICA ESISTENTE SITA NEL COMUNE DI MEDOLLA

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i - L.R. 4/2018 e s.m.i.

ELABORATO SIA 05.01 Analisi di rischio

Allegato 1 Output Software Leach8

Sito:

Tipo di rifiuti:

Rifiuti non pericolosi (Tab5)

Input

Caratteristiche sito			
Superficie di fondo della discarica	A_f	139000	m ²
Profondità punto di emissione percolato rispetto p.c.	d_d	3	m
Estensione discarica nella direzione del flusso di falda	W	340	m
Estensione discarica nella direzione ortogonale al flusso	S_w	560	m
Soggiacenza Falda	L_{GW}	38	m
Gradiente Idraulico Falda	i	0,00015	m/m
Conducibilità Idraulica Falda	K_{sat}	0,0000825	m/s
Spessore acquifero	d_a	13	m
Dispersività verticale	α_v	170	cm
Spessore di miscelazione	δ_{gw}	13	m
Altezza percolato sul fondo della discarica	h_{perc}	0,5	m

Stima Percolato in uscita dalla discarica

calcolato

		AdR	Livello 1
Barriera geologica naturale			
Conducibilità Idraulica	K_r	2,55E-09	m/s
Spessore strato	d	35,00	m
Terreni argillosi per il completamento - Considera per		no	no
Conducibilità Idraulica	K_r	1E-09	m/s
Spessore strato	d	1,00	m
Materassino bentonitico: Considera per		no	no
Conducibilità Materiale bentonico	K_B	5,00E-11	m/s
Spessore materassino bentonico	s_B	NA	m
Strato di impermeabilizzazione artificiale - Considera per		no	no
Conducibilità Idraulica	K_{ar}	1E-09	m/s
Spessore strato	d_{ar}	1	m
Geomembrana - Considera per		no	no
Conducibilità geomembrana (solo per t di attraversamento)	K_{geo}	NA	m/s
Spessore geomembrana (solo per per t di attraversamento)	s_{geo}	NA	m
Geomembrana considerata in AdR			
Microfori		5,0E-06	25
Fori		1,0E-04	5
Strappi		1,0E-02	2
Costante qualità contatto	C_d	0,21	-

Sistema barriera	AdR	Livello 1*	
Gradiente idraulico medio verticale	1,00	1,01	m
Conducibilità equivalente	2,6E-09	2,6E-09	m/s
Tempo di attraversamento		429,1	anni

* Punto 2.4.2 dell'Allegato 1 del D.Lgs. 36/2003

Output

Percolato in uscita dalla discarica	2,30E+02 m ³ /anno
Fattore di diluizione (LDF)	1,34E+01 -
Soil Attenuation Model (SAM)	7,89E-02 -
Fattore di attenuazione (LF)	5,91E-03 mg/L / mg/L

Selenio	1,69E+00	5,00E-02	1,50E-01	3vv Tab.5 (art. 16ter)	1,69E+00
Fluoruri	2,54E+02	1,50E+01	4,50E+01	3vv Tab.5 (art. 16ter)	2,54E+02
Solfati	4,23E+04	5,00E+03	1,50E+04	3vv Tab.5 (art. 16ter)	4,23E+04
DOC	1,69E+03	1,00E+02	3,00E+02	3vv Tab.5 (art. 16ter)	1,69E+03
TDS	8,47E+04	1,00E+04	3,00E+04	3vv Tab.5 (art. 16ter)	8,47E+04
Indice Fenolo	8,47E-02	-	NA	Non Applicabile	NA

* E' possibile servirsi dei valori per il TDS (Solidi disciolti totali) in alternativa ai valori per i solfati e per i cloruri.