

LEACH8 VERS. 1.0



## Manuale d'uso

Vers. 1.0  
Gennaio 2017

RECONnet  
Rete Nazionale sulla gestione e la  
Bonifica dei Siti Contaminati



## LEACH8

*Il tool Leach8 è stato sviluppato 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, il software permette di calcolare la concentrazione ammissibile in discarica, per la concessione delle deroghe ai sensi dell'art. 7 (Sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi) o art. 10 (Deroghe) del D.M. 27/09/2010. Inoltre il software può essere utilizzato per stimare la concentrazione attesa in falda in funzione delle concentrazioni misurate in discarica e delle caratteristiche del sito definite dall'utente. Si sottolinea che il software realizzato non vuole e non può essere sostitutivo della professionalità dei tecnici. In tal senso i risultati che vengono forniti sono sotto la piena responsabilità di chi effettua lo studio di analisi di rischio.*

### **Autori del documento (in ordine alfabetico)**

Elisabetta Bemporad, INAIL  
Andrea Forni, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna  
Luca Paradisi, Arpa Veneto  
Iason Verginelli, Università degli studi di Roma "Tor Vergata"  
Igor Villani, ARPAE Emilia Romagna

### **Autori del tool**

Iason Verginelli, Università degli studi di Roma "Tor Vergata"  
Andrea Forni, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna

### **Il tool è stato testato e ottimizzato da (in ordine alfabetico):**

Elisabetta Bemporad, INAIL  
Valeria Frittelloni, ISPRA  
Igor Villani, ARPAE Emilia Romagna

### **Coordinatori del gruppo di lavoro**

Andrea Forni, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna  
Igor Villani, ARPAE Emilia Romagna

Leach8 è distribuito gratuitamente da:

**RECONnet**, Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati  
Viale del Politecnico, 1  
00133 Roma  
[www.reconnet.net](http://www.reconnet.net)

### **DISCLAIMER**

*Il presente prodotto è il risultato del lavoro coordinato in seno alla rete RECONNET "Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati". I prodotti elaborati dalla Rete sono tutelati dalle norme sul copyright e sono di esclusiva proprietà di tutte le parti coinvolte nell'Accordo. A tal riguardo i "Prodotti RECONnet" possono essere modificati e/ o revocati da RECONNET in qualsiasi momento e senza preavviso. Tutte le indicazioni e i dati presenti nei "Prodotti RECONnet" costituiscono una semplice guida di carattere informativo, finalizzata a conseguire un corretto orientamento per la valutazione e la diffusione di tecnologie e tematiche ambientali. Di conseguenza, la Rete RECONnet e i suoi membri non rilasciano alcuna garanzia e declinano ogni responsabilità in merito alla completezza e all'utilità delle informazioni, dei prodotti o dei processi divulgati, nonché agli eventuali danni derivanti dall'utilizzo degli stessi da parte degli utenti. Il riferimento e i richiami presenti nei documenti RECONNET relativi a tecnologie e prodotti offerti da terze parti non costituiscono un riconoscimento di garanzia e di qualità degli stessi. Le opinioni espresse dagli autori non rappresentano necessariamente quelle degli Enti di Controllo. Si sottolinea infine che il software realizzato non vuole e non può essere sostitutivo della professionalità dei tecnici. In tal senso i risultati che vengono forniti sono sotto la piena responsabilità di chi effettua lo studio di analisi di rischio.*

# INDICE

---

Leach8 .....	2
Indice .....	3
1 Cos'è il Leach8.....	4
2 Installazione e avvio del tool.....	6
3 Inquadramento normativo e ambito di applicazione.....	8
3.1 Inquadramento normativo di riferimento .....	8
3.2 Focus sui criteri di accettabilità.....	12
4 Procedura ed equazioni implementate nel tool.....	20
4.1 Concentrazione accettabile in discarica (Analisi Backward) .....	22
4.2 Concentrazione attesa in falda (Analisi Forward) .....	23
4.3 parametri intermedi e stime indirette .....	25
5 Interfaccia del tool .....	29
5.1 Input.....	30
5.2 Limiti normativi .....	32
5.3 Output.....	34
5.3.1 Analisi Backward.....	34
5.3.2 Analisi Forward .....	35
6 Allegato: Sintesi equazioni implementate nel tool.....	37
Bibliografia .....	39

# 1 COS'È IL LEACH8

---

Il tool Leach8 è stato sviluppato 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, il software permette di calcolare la concentrazione ammissibile in discarica, per la concessione delle deroghe ai sensi dell'art. 7 (Sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi) o art. 10 (Deroghe) del D.M. 27/09/2010.

Il tool permette di calcolare in modalità "backward" 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 ai "Criteri metodologici per l'analisi assoluta di rischio applicata alle discariche" (ISPRA, 2005). Inoltre lo strumento di calcolo è stato predisposto in modo da tener conto delle indicazioni contenute nei pareri ISPRA del 16 settembre 2010 (prot. ISPRA n. 30237) e 31 ottobre 2011 (prot. ISPRA n. 36365) redatti 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. Al termine di questo tavolo tecnico è stata emanata la deliberazione regionale (DGRV) n. 1360 del 30/07/2013 in cui nell'Allegato A viene indicato quanto segue:

- "i valori limite di concentrazione da prendere in esame per il calcolo del "rischio" per le matrici ambientali sono quelle desumibili dalla normativa vigente in campo ambientale e in particolare in materia di bonifiche di siti inquinati".
- "ai fini dell'applicazione dell'equazioni, per sostanze che non presentano limiti di riferimento normativi, o per le quali non è stato stabilito dagli Enti di Controllo un valore di fondo, si dovrà fare riferimento ai limiti proposti da ISS. Nel caso del parametro TDS si dovrà utilizzare come riferimento il valore di 500 mg/l proposto da US EPA, che considera il parametro TDS come secondary drinking water standard (USEPA, IRIS, Integrated Risk Information System). Nel caso del parametro molibdeno si propone di utilizzare il limite di 50 µg/l previsto dalla normativa tedesca. Nel caso del parametro DOC si propone di utilizzare come riferimento i risultati della sperimentazione attivata con DGRV n. 1838/2007 che ha evidenziato un rapporto tra COD nell'eluato (chemical oxygen demand) e DOC (dissolved organic carbon) pari mediamente a 3 e facendo riferimento al limite previsto per il COD per le acque superficiali destinate a essere utilizzate per la produzione di acqua potabile dopo i trattamenti appropriati (30 mg/l)".

- “la verifica dell'accettabilità al POC della concentrazione (mg/l) del contaminante *i*-esimo in falda  $C_{acc}$  (acque sotterranee) dovrà essere effettuata utilizzando le formule deterministiche, proposte da ISPRA”
- “il POC deve essere posto immediatamente al di sotto della potenziale sorgente di contaminazione (discarica) lungo la verticale, a distanza pari a 0m dalla sorgente”. Questo significa che il DAF non viene considerato.
- “nel calcolo del flusso di percolato uscente dalla discarica (LF) dovrà essere utilizzata la corrispondente equazione deterministica dei “Criteri Metodologici” di ISPRA, trascurando la presenza dei teli in HDPE, in quanto l'esperienza suggerisce una limitata efficienza nel tempo di tali presidi”.

In merito a questo ultimo aspetto, qualora dal punto di vista tecnico e scientifico si intendesse valutare anche il contributo di impermeabilizzazione della geomembrana, il Leach8 fa riferimento alle formule citate nel Parere ISPRA 2011 sopracitato, che riprendono quanto previsto dai “Criteri metodologici per l'analisi assoluta di rischio applicata alle discariche” (ISPRA, 2005).

Si ricorda, infine, che la DGRV n. 1360/2013 ha valenza perentoria di applicazione solo all'interno della regione Veneto.

Il tool permette inoltre 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.

## 2 INSTALLAZIONE E AVVIO DEL TOOL

---

**Requisiti di Sistema.** Lo strumento di calcolo è stato sviluppato in Visual Basic per lavorare in ambiente Microsoft Excel. Leach8 può essere utilizzato su qualsiasi pc sul quale sia installata una versione di Excel 2003 o superiore.

**Installazione del software.** L'installazione del software può essere effettuata avviando il file di setup presente sul cd o scaricato dal web. Il software deve essere installato in una cartella in cui l'utente ha diritti di amministratore (modifica contenuto e file cartella). Installando il software in una cartella in cui non si hanno diritti di amministratore (ad es. in "C:") non sarà possibile procedere con l'attivazione del tool (non verrà salvata la licenza e vi verrà richiesto ogni volta che avviate il tool di inserire il codice di attivazione).

Per chi non è amministratore della macchina generalmente la cartella "Documenti" del proprio profilo risulta modificabile. Dopo l'installazione, al riavvio del computer, viene creato un collegamento sul desktop e nella barra di avvio dei programmi.

**Avvio del Tool.** Per avviare il tool è sufficiente aprire il file 'Leach8.xls' (o il collegamento presente sul desktop o nella barra dei programmi). Nella stessa directory del file si devono trovare il file di help e la banca dati. All'avvio del software è necessario attivare le Macro e gli ActiveX, implementati nel software tramite Visual Basic. Pertanto prima di avviare il software si consiglia di verificare che il livello di protezione delle macro sia su "medio" o "alto".

*Excel 2003.* Prima di avviare 'Leach8', nel menù di Excel accedere in "Strumenti >> Macro >> Protezione". Verificare che come livello di protezione sia selezionato "Medio". Successivamente avviare Leach8 e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Attiva Macro".

*Excel 2007:* Prima di avviare 'Leach8', accedere dal menù principale di Excel in "File >> Opzioni di Excel >> Centro Protezione >> Impostazione Centro Protezione >> Impostazioni Macro". Verificare che come livello di protezione sia selezionato "Disattiva tutte le macro con notifica". Successivamente avviare Leach8 e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Opzioni/Attiva il Contenuto".

*Excel 2010 o superiore:* Prima di avviare 'Leach8', accedere dal menù principale di Excel in "File >> Opzioni >> Centro Protezione >> Impostazione Centro Protezione >>

Impostazioni Macro". Verificare che come livello di protezione sia selezionato "Disattiva tutte le macro con notifica". Successivamente avviare 'Leach8' e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Opzioni/Attiva il Contenuto".

**Attivazione del Software.** Per scopi statistici e gestionali il software viene distribuito in singola licenza. Al primo avvio del software viene richiesto di inserire nome, cognome e la società /ente di riferimento. Una volta inseriti i dati premere "crea nuova licenza" e viene fornito un numero identificativo dell'installazione ("ID di Installazione"). A questo punto premere "Attiva in seguito" (il software memorizza i dati inseriti ed il codice di installazione) ed accedere al sito [www.reconnet.net](http://www.reconnet.net) (nella pagina del Leach8) per ottenere il codice di attivazione. Inserito il codice premere il pulsante "Attiva software" ed il software è pronto per l'uso. Qualora fossero necessarie più licenze è sufficiente ripetere questa operazione su tutti i computer sui quali si desidera installare il tool.

## 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO E AMBITO DI APPLICAZIONE

---

### 3.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

A livello nazionale, le discariche sono disciplinate dal D.Lgs. 36/2003, in recepimento della Direttiva 1999/31/CE che, per esplicita dichiarazione, costituisce anche un riferimento per l'applicazione delle Migliori Tecniche Disponibili di settore ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Parte II (IPPC). In particolare all'art. 4 il D.Lgs. 36/2003 classifica le discariche nelle seguenti categorie:

- a) discariche per rifiuti inerti;
- b) discariche per rifiuti non pericolosi;
- c) discariche per rifiuti pericolosi.

Occorre specificare che non vi è un'immediata corrispondenza tra tipologia di rifiuti e tipologia di discarica in quanto vigono criteri di ammissibilità che possono escludere un rifiuto dall'ammissibilità nella discarica omologa, mentre consentono l'ammissione di rifiuti classificati pericolosi in una discarica per rifiuti non pericolosi, oltre ad ammettere sempre il conferimento di rifiuti che soddisfano i criteri per l'ammissione ad ogni categoria di discarica in discariche aventi un livello di tutela superiore.

Il D.Lgs. 36/2003 disciplina anche il "deposito sotterraneo" definito come un impianto per il deposito permanente di rifiuti (inerti, pericolosi o non pericolosi) situato in una cavità geologica profonda, senza coinvolgimento di falde o acquiferi, quale ad esempio una miniera di potassio o di sale.

L'allegato 1 dello stesso decreto. contiene i criteri costruttivi e gestionali per le diverse tipologie di discarica, incluso il deposito sotterraneo, mentre l'allegato 2 stabilisce le modalità di gestione, le procedure comuni di sorveglianza e controllo durante la fase operativa e post-operativa di una discarica e gli adempimenti a carico del gestore relativi alle procedure di chiusura di una discarica durante la fase post-operativa e per il ripristino ambientale del sito medesimo, al fine di prevenire qualsiasi effetto negativo sull'ambiente ed individuare le adeguate misure correttive.

Le differenze tra le diverse tipologie di discariche in termini strutturali riguardano i requisiti minimi della barriera geologica (permeabilità e/o spessori), della copertura finale e la necessità o meno di sistemi di drenaggio e raccolta del percolato e/o di sistemi di captazione del biogas (richiesti solo per rifiuti biodegradabili).



L'art. 6 del D.Lgs. 36/2003 inoltre stabilisce a priori i rifiuti non ammissibili in discarica e in depositi sotterranei (14 tipologie):

- a) rifiuti allo stato liquido;
- b) rifiuti classificati come Esplosivi (H1), Comburenti (H2) e Infiammabili (H3-A e H3-B);
- c) rifiuti che contengono una o più sostanze corrosive classificate come R35 in concentrazione totale  $\geq 1\%$ ;
- d) rifiuti che contengono una o più sostanze corrosive classificate come R34 in concentrazione totale  $\geq 5\%$ ;
- e) rifiuti sanitari pericolosi a rischio infettivo (H9);
- f) rifiuti - sostanze chimiche non identificate e/o nuove provenienti da attività di ricerca, di sviluppo o di insegnamento, i cui effetti sull'uomo e/o sull'ambiente non sono noti (es. rifiuti di laboratorio);
- g) rifiuti della produzione di principi attivi per biocidi e per prodotti fitosanitari;
- h) materiale specifico a rischio e materiali ad alto rischio, comprese le proteine animali e i grassi fusi da essi derivati;
- i) rifiuti che contengono o sono contaminati da PCB in quantità  $> 50$  ppm;
- l) rifiuti che contengono o sono contaminati da diossine e furani in quantità  $> 10$  ppb;
- m) rifiuti che contengono fluidi refrigeranti costituiti o sono contaminati da CFC e HCFC in quantità  $> 0,5\%$  (peso riferito al materiale di supporto);
- n) rifiuti che contengono sostanze chimiche non identificate o nuove provenienti da attività di ricerca, di sviluppo o di insegnamento, i cui effetti sull'uomo e sull'ambiente non siano noti;
- o) pneumatici interi fuori uso a partire dal 16/07/2003, esclusi i pneumatici usati come materiale di ingegneria ed i pneumatici fuori uso tritutati a partire da tre anni da tale data, esclusi in entrambi i casi quelli per biciclette e quelli con  $D_e > 1400$  mm;
- p) rifiuti con PCI (Potere calorifico inferiore)  $> 13$  MJ/kg a partire dal 1/01/2014 (data più volte prorogata) ad eccezione dei rifiuti provenienti dalla frantumazione degli autoveicoli a fine vita e dei rottami ferrosi per i quali sono autorizzate discariche mono-dedicate.

L'art.7 dello stesso decreto stabilisce che i rifiuti possono essere collocati in discarica solo dopo trattamento, ad eccezione dei rifiuti inerti in cui il trattamento non sia tecnicamente fattibile e dei rifiuti il cui trattamento non contribuisce a prevenire o a ridurre le ripercussioni negative sull'ambiente e sulla salute umana, riducendo la quantità o la pericolosità dei rifiuti e non risulta indispensabile ai fini del rispetto dei limiti fissati dalla normativa.

L'art.17 del D.Lgs. 36/2003 stabilisce però un termine per le discariche già autorizzate al 27/03/2003 per continuare a ricevere i rifiuti per cui erano autorizzate in origine, in osservanza delle condizioni e dei limiti di accettabilità previsti dalla norma tecnica previgente (DCI 27/07/1984). Tale termine, originariamente previsto nel 16/07/2005 nel rispetto della normativa comunitaria, è stato più volte prorogato, con l'eccezione delle discariche di tipo IIA o per inerti che ricevevano rifiuti contenenti amianto, per cui i nuovi criteri vigono invece dal dicembre 2005. Le ripetute proroghe sono state concesse a causa delle diverse problematiche applicative evidenziate fin dalla sua emanazione. L'ultima proroga è stata concessa con D.L. 208/2008, come convertito dalla legge n.13/2009, fino al 30/06/2009, ulteriormente prorogabile su richiesta motivata, con provvedimento del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio

e del mare, previa valutazione tecnica e limitatamente alle discariche per rifiuti inerti o non pericolosi, fino al termine massimo del 31/12/2009<sup>1</sup>.

Per quanto attiene ai criteri di ammissibilità il primo decreto che li stabiliva è il DM 13/03/2003, praticamente contemporaneo al D.Lgs. 36/2003, che è stato definito prima dell'emanazione della decisione 2003/33/CE di riferimento ed ha stabilito i criteri e le procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi della Direttiva 1999/31/CE. Quindi, ai fini di un migliore allineamento con tale decisione e della necessità di colmare alcune lacune, in data 13/09/2005 il DM in questione è stato abrogato e sostituito dal DM 03/08/2005. Tale decreto è stato operativo, in virtù delle sopracitate deroghe, soltanto per un breve periodo, finché, al fine di sanare le problematiche applicative irrisolte, è stato emanato il DM 27/09/2010, tuttora vigente. Quest'ultimo, come del resto i suoi predecessori, oltre ai criteri di ammissibilità, stabilisce anche le relative procedure, riportate in Tabella 1.

Si evidenzia, infine, che il D.M. in oggetto è stato modificato dal Decreto Ministeriale 29 luglio 2013 e più recentemente dal Decreto Ministeriale 24 giugno 2015.

---

<sup>1</sup> Il piano di adeguamento della discarica alle previsioni dello stesso D.Lgs. 36/2003, che ai sensi del comma 3 dell'art.17 doveva essere presentato all'autorità competente entro 6 mesi dall'entrata in vigore, potrebbe comunque aver disposto l'adeguamento ai "nuovi" criteri di ammissibilità in tempi minori

Tabella 1. Verifiche previste sui rifiuti ai fini dell'ammissibilità in discarica (DM 27/09/2010).

Tipo caratter. /verifica	art. DM	Finalità	Soggetto responsabile	Tempo	Requisiti relativi ai rifiuti / modalità di verifica	Frequenza
caratterizzazione di base	2	<p>a) fornire le informazioni fondamentali in merito ai rifiuti (tipo, origine, composizione, tendenza a produrre percolato, ecc.);</p> <p>b) fornire le informazioni fondamentali per comprendere il comportamento dei rifiuti nelle discariche e individuare le possibilità di trattamento;</p> <p>c) fornire una valutazione dei rifiuti tenendo conto dei valori limite definiti dalla normativa;</p> <p>d) individuare le variabili principali (parametri critici) per la verifica di ammissibilità e le eventuali possibilità di semplificare i relativi test analitici</p>	il produttore dei rifiuti (nel caso non sia noto, il gestore della discarica)	prima del conferimento in discarica ovvero dopo l'ultimo trattamento effettuato	<p>a) fonte ed origine;</p> <p>b) informazioni sul processo di produzione (materie prime e prodotti);</p> <p>c) descrizione del trattamento o dichiarazione che spieghi perché tale trattamento non è considerato necessario;</p> <p>d) dati sulla composizione e sul comportamento alla lisciviazione;</p> <p>e) aspetto (odore, colore, morfologia);</p> <p>f) codice CER;</p> <p>g) per i rifiuti pericolosi: proprietà che li rendono pericolosi;</p> <p>h) informazioni che dimostrano che i rifiuti non rientrano tra quelli per cui è vietato lo smaltimento in discarica</p> <p>i) categoria di discarica alla quale sono ammissibili;</p> <p>j) se necessario le precauzioni supplementari da prendere al momento del conferimento alla discarica<sup>2</sup> controllo diretto ad accertare le possibilità di riciclo o recupero</p>	in corrispondenza del primo conferimento; ad ogni variazione significativa del processo che origina i rifiuti; almeno 1 volta/anno
verifica di conformità	3	stabilire se i rifiuti possiedono le caratteristiche della categoria di discarica cui sono giudicati ammissibili e se soddisfano i pertinenti criteri di ammissibilità	gestore della discarica sulla base dei dati forniti dal produttore in esito alla fase di caratterizzazione	successiva al giudizio di ammissibilità	utilizzo di una o più determinazioni analitiche impiegate per la caratterizzazione di base che comprendano almeno un test di cessione per lotti (metodi di campionamento e analisi di cui all'allegato 3 del DM)	stessa frequenza della caratterizzazione di base (vedi sopra)
verifica in loco	4	ammissione in discarica (conformità ai rifiuti sottoposti alla caratterizzazione di base e alla verifica di conformità e alle informazioni riportate nei documenti di accompagnamento)	gestore della discarica	al momento del conferimento in discarica (o nel luogo di produzione se la discarica è gestita dal produttore)	ispezione di ogni carico prima e dopo lo scarico e controllo della documentazione attestante la conformità ai criteri di ammissibilità	stabilita dall'autorità territorialmente competente; <b>≤ 1 anno</b> ; conservazione dei campioni presso l'impianto a disposizione dell'autorità territorialmente competente per un periodo <b>≥ 2 mesi</b>

<sup>2</sup>es. in relazione all'incompatibilità con altre tipologie di rifiuti e/o in relazione alla polverosità, ecc.;

### 3.2 FOCUS SUI CRITERI DI ACCETTABILITÀ

I criteri di ammissibilità stabiliti dal DM 27/09/2010, anche con riferimento al Regolamento CE n.850/2004 e s.m.i., sono riassunti nella seguente Tabella 2.

Per completezza, in Tabella 3 del presente documento si riporta anche la “lista positiva” per l’ammissibilità in discarica per rifiuti inerti (Tab. 1 del DM 27/10/2010), ovvero i rifiuti ivi contemplati che vengono considerati già conformi ai criteri specificati nella definizione di rifiuti inerti del D.Lgs. 36/2003 ed ai criteri di ammissibilità stabiliti dal DM stesso. Con riferimento a tale tabella si sottolinea che si deve trattare di una singola tipologia di rifiuti proveniente da un unico processo produttivo o eventualmente di diverse tipologie di rifiuti elencati nella Tabella 1 del DM sopracitata, purché provenienti dallo stesso processo produttivo.

Inoltre sono direttamente ammissibili in discarica per rifiuti non pericolosi, in aree in cui non sono ammessi rifiuti pericolosi stabili e non reattivi, se risultano conformi a quanto previsto dall'articolo 7 del D.Lgs. 36/2003 (rifiuti trattati) e se non risultano contaminati a un livello tale che il rischio associato al rifiuto giustifichi il loro smaltimento in altri impianti:

- a) i rifiuti urbani classificati come non pericolosi nel capitolo 20 dell'elenco europeo dei rifiuti, le frazioni non pericolose dei rifiuti domestici raccolti separatamente e i rifiuti non pericolosi assimilati per qualità e quantità ai rifiuti urbani;
- b) i rifiuti non pericolosi individuati in una lista positiva definita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con i Ministri delle attività produttive e della salute, sentito il parere della Conferenza Stato-Regioni.

Nelle discariche per rifiuti non pericolosi possono inoltre essere smaltiti rifiuti pericolosi stabili non reattivi (cioè rifiuti che, sottoposti a trattamento preliminare, ad esempio di solidificazione/stabilizzazione, vetrificazione, presentano un comportamento alla lisciviazione che non subisca alterazioni negative nel lungo periodo nelle condizioni di collocazione in discarica) e che rispettino i criteri riassunti nella stessa Tabella 2, oltre a quelli riportati al comma 4 dell'art. 6 del DM.

Il limite per il DOC nell'eluato per discariche di rifiuti non pericolosi, è riportato in rosso nella Tabella 2, in quanto non si applica alle seguenti tipologie di rifiuti:

- a) fanghi prodotti dal trattamento e dalla preparazione di alimenti 020301, 020305, 020403, 020502, 020603, 020705, fanghi e rifiuti derivanti dalla produzione e dalla lavorazione di polpa carta e cartone 030301, 030302, 030305, 030307, 030308, 030309, 030310, 030311 e 030399, fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue

urbane 190805 e fanghi delle fosse settiche (200304) e rifiuti del trattamento biologico individuati dal codice 190501, purché trattati mediante processi idonei a ridurre in modo consistente l'attività biologica, quali il compostaggio, la digestione anaerobica, i trattamenti termici ovvero altri trattamenti individuati come BAT per i rifiuti a matrice organica dal D.M. 29 gennaio 2007;

- b) fanghi 040106, 040107, 040220, 050110, 050113, 070112, 070212, 070312, 070412, 070512, 070612, 070712, 170506, 190812, 190814, 190902, 190903, 191304, 191306, purché trattati per ridurre le sostanze organiche;
- c) rifiuti prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane 190801 e 190802;
- d) rifiuti della pulizia delle fognature 200306;
- e) rifiuti prodotti dalla pulizia di camini e ciminiere 200141;
- f) rifiuti derivanti dal trattamento meccanico (ad esempio selezione) 191210 e 191212;
- g) rifiuti derivanti dal trattamento biologico dei rifiuti, 190501, 190503, 190604 e 190606, purché sia garantita la conformità con quanto previsto dai Programmi regionali di cui all'articolo 5 del Dlgs 36/2003 e presentino un indice di respirazione dinamico (determinato secondo la norma UNI/TS 11184) non superiore a  $1.000 \text{ mgO}_2 / (\text{kgSV} \cdot \text{h})$ .

Con riferimento al deposito sotterraneo, in quest'ultimo non sono ammissibili i rifiuti che dopo il deposito possono subire trasformazioni indesiderate di tipo fisico, chimico o biologico. In particolare, oltre ai rifiuti di cui all'art.6 del D.Lgs. 36/2003:

- i rifiuti e i loro contenitori se suscettibili a reagire a contatto con l'acqua o con la roccia ospitante nelle condizioni previste per lo stoccaggio e subire quindi:
  - un cambiamento di volume;
  - una generazione di sostanze gas auto-infiammabili tossici o esplosivi, o qualunque altra reazione che possa rappresentare un rischio per la sicurezza operativa e/o per l'integrità della barriera:
- i rifiuti biodegradabili;
- i rifiuti dall'odore pungente;
- i rifiuti che possono generare una miscela gas-aria tossica o esplosiva, in particolare i rifiuti che:
  - provocano concentrazioni di gas tossici per le pressioni parziali dei componenti;
  - in condizioni di saturazione in un contenitore formano concentrazioni superiori del 10% alla concentrazione che corrisponde al limite inferiore di esplosività;
- i rifiuti con un'insufficiente stabilità tenuto conto delle condizioni geomeccaniche;

- i rifiuti autoinfiammabili o soggetti a combustione spontanea nelle condizioni previste per lo stoccaggio, i prodotti gassosi, i rifiuti volatili, i rifiuti provenienti dalla raccolta sotto forma di miscele non identificate.

Sono invece ammessi in deposito sotterraneo i rifiuti risultati compatibili nella valutazione della sicurezza effettuata da parte del soggetto che richiede l'autorizzazione conformemente a quanto stabilito al punto 3 dell'allegato 1 al D.Lgs. 36/2003 e agli ulteriori criteri stabiliti nell'allegato 4 al DM. Il soggetto richiedente dovrà effettuare anche la valutazione dei rischi specifici per il sito in cui avviene il deposito in questione, in conformità a quanto previsto al punto 1.2 dell'allegato 4, per accertare che il livello di isolamento del deposito sotterraneo dalla biosfera è accettabile.

Sono possibili due tipologie di deroghe ai criteri di ammissibilità sopra sintetizzati:

- per le sole discariche per rifiuti non pericolosi, quando autorizzabili come sottocategorie di cui all'articolo 7 del DM 27/09/2010, secondo i criteri specificati in Tabella 4;
- ai sensi dell'articolo 10 dello stesso DM, per tutte le tipologie di discariche, incluso il deposito sotterraneo qualora:
  - a) sia effettuata una valutazione di rischio, con particolare riguardo alle emissioni della discarica, che, tenuto conto dei limiti per i parametri specifici previsti dal DM, dimostri che non esistano pericoli per l'ambiente in base alla valutazione dei rischi;
  - b) l'autorità territorialmente competente conceda un'autorizzazione presa, caso per caso, per rifiuti specifici per la singola discarica, tenendo conto delle caratteristiche della stessa discarica e delle zone limitrofe;
  - c) i valori limite autorizzati per la specifica discarica non superino, per più del triplo, quelli specificati per la corrispondente categoria di discarica e, limitatamente al valore limite relativo al parametro TOC nelle discariche per rifiuti inerti, il valore limite autorizzato non superi, per più del doppio, quello specificato per la corrispondente categoria di discarica.

In presenza di concentrazioni elevate di metalli nel fondo naturale dei terreni circostanti la discarica, l'autorità territorialmente competente può stabilire limiti più elevati coerenti con tali concentrazioni. La deroga non è applicabile ai seguenti parametri:

- a) carbonio organico disciolto (DOC) per le discariche per inerti, i rifiuti pericolosi stabili e non reattivi in discariche per rifiuti non pericolosi e le discariche per rifiuti pericolosi;
- b) BTEX e olio minerale per le discariche per inerti;
- c) PCB per le discariche per rifiuti non pericolosi;

- d) carbonio organico totale (TOC) e pH nelle discariche per rifiuti non pericolosi che smaltiscono rifiuti pericolosi stabili e non reattivi;
- e) carbonio organico totale (TOC) nelle discariche per rifiuti pericolosi.

**Tabella 2. Sintesi dei criteri di ammissibilità in discarica stabiliti dal DM 27/09/2010.**

Inquinante	Discariche inerti	Discariche non pericolosi		Discariche pericolosi	Note
		Rifiuti non pericolosi	Rifiuti pericolosi stabili non reattivi		
mg/L sull'eluato (L/S = 10 l/kg)					
Arsenico	0,05	0,2	0,2	2,5	
Bario	2	10	10	30	
Cadmio	0,004	0,1	0,1	0,5	
Cromo Totale	0,05	1	1	7	
Rame	0,2	5	5	10	
Mercurio	0,001	0,02	0,02	0,2	
Molibdeno	0,05	1	1	3	
Nichel	0,04	1	1	4	
Piombo	0,05	1	1	5	
Antimonio	0,006	0,07	0,07	0,5	
Selenio	0,01	0,05	0,05	0,7	
Zinco	0,4	5	5	20	
Cloruri	80	2.500	1.500	2.500	
Fluoruri	1	15	15	50	
Solfati	100	5.000	2.000	5.000	
Indice Fenolo	0,1				
DOC*	50	100 (vedi testo)	80	100	*al proprio pH o, se non rispettato, ad un $7,5 \leq \text{pH} \leq 8$
TDS**	400	10.000	6.000	10.000	**in alternativa ai valori per solfati e cloruri
mg/kg sul tal quale					
TOC	30.000		50.000	60.000	
BTEX	6				
Olio minerale (C10-C40)	500				
pH			6		
sostanza secca***		250.000		250.000	***limite inferiore
PCB	1	10		50	
PCDD/F TEQ	0,0001	0,002		0,01	
PBDE		da stabilire ****		da stabilire ****	
PFOS		da stabilire ****		da stabilire ****	
pesticidi POPs		da stabilire ****		da stabilire ****	****Per tali parametri si può far riferimento al Regolamento (CE) 850/2004 e s.m.i.



**Tabella 3. Rifiuti inerti ("lista positiva") per i quali è consentito lo smaltimento in discarica per rifiuti inerti senza preventiva caratterizzazione (Tabella 1 del DM 27/10/2010).**

CODICE	DESCRIZIONE	RESTRIZIONI
10 11 03	Scarti di materiali in fibra a base di vetro **	Solo se privi di leganti organici
15 01 07	Imballaggi in vetro	
17 01 01	Cemento	Solamente i rifiuti selezionati da costruzione e demolizione (*)
17 01 02	Mattoni	
17 01 03	Mattonelle e ceramiche	
17 01 07	Miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche	
17 02 02	Vetro	
17 05 04	Terra e rocce***	Esclusi i primi 30 cm di suolo, la torba e purché non provenienti da siti contaminati
19 12 05	Vetro	
20 01 02	Vetro	Solamente vetro raccolto separatamente
20 02 02	Terre e rocce	Solo rifiuti di giardini e parchi; eccetto terra vegetale e torba

(\*) Rifiuti contenenti una percentuale minoritaria di metalli, plastica, terra, sostanze organiche, legno, gomma, ecc. ed i rifiuti di cui al codice 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\*). L'origine dei rifiuti deve essere nota.  
- Esclusi i rifiuti prodotti dalla costruzione e dalla demolizione provenienti da costruzioni contaminate da sostanze pericolose inorganiche o organiche, ad esempio a causa dei processi produttivi adottati nell'edificio, dell'inquinamento del suolo, dello stoccaggio e dell'impiego di pesticidi o di altre sostanze pericolose, eccetera, a meno che non sia possibile escludere che la costruzione demolita fosse contaminata in misura significativa.  
- Esclusi i rifiuti prodotti dalla costruzione e dalla demolizione provenienti da costruzioni trattate, coperte o dipinte con materiali contenenti sostanze pericolose in quantità notevole.  
(\*\*) Inclusi gli scarti di produzione del cristallo  
(\*\*\*) Inclusi i rifiuti di cui al codice 01.04.13 (rifiuti prodotti dalla lavorazione della pietra, diversi da quelli di cui alla voce 01 04 07\*)  
IN CORSIVO SONO INDICATE LE PREVISIONI NON CONTENUTE NELLA DECISIONE 2003/33/CE DI RIFERIMENTO

**Tabella 4. Sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi (art.7 del DM 27/09/2010).**

SOTTO-CATEGORIA	ULTERIORI DISTINZIONI	CRITERI DI AMMISSIBILITÀ	CORRISPONDENZA DEC. 2003/33/CE
Discariche per rifiuti inorganici a basso contenuto organico o biodegradabile		Individuati dall'autorità territorialmente competente in sede di rilascio della	B1a
Discariche per rifiuti in gran parte organici	Discariche bioreattori con recupero biogas	autorizzazione, stabiliti, caso per caso, tenendo conto delle <u>caratteristiche dei rifiuti</u> , della <u>valutazione di rischio</u> con riguardo alle <u>emissioni della discarica</u> e dell' <u>idoneità del sito</u>	B2
	Discariche per rifiuti organici pretrattati	e prevedendo <u>deroghe per specifici parametri</u> (es. DOC, TDS)	
Discariche per rifiuti misti non pericolosi con elevato contenuto sia di rifiuti organici o biodegradabili che di rifiuti inorganici, con recupero biogas			B3
Monodiscariche per rifiuti non pericolosi derivanti da operazioni di messa in sicurezza d'emergenza e da operazioni di bonifica dei siti inquinati		parametri previsti dalla tabella 1, colonna B, allegato 5 al titolo V, parte IV, D.Lgs. 152/2006	dipende

Anche il DM 27/09/2010 ha evidenziato problematiche applicative, alcune delle quali affrontate dalla Conferenza delle Regioni del 24/03/2011, che ha concordato le modalità applicative di specifici punti, anche ai fini dell'omogeneità territoriale, poi inseriti nel suo Documento del 5 maggio 2011, n. 11/64/CR7a/C5 ed in particolare:

- la validità delle deroghe già rilasciate ai sensi dell'articolo 7 del previgente DM 03/08/2005;
- il significato e le modalità operative con cui valutare i processi di trattamento idonei a ridurre in modo consistente l'attività biologica dei rifiuti per cui è prevista, in caso di tale riduzione, la deroga al parametro DOC per lo smaltimento in discarica per non pericolosi, ritenendo necessarie a garantire la riduzione dell'attività biologica dei fanghi, ovvero l'esclusione dalla verifica del DOC:
  - A. ossidazione biologica dei reflui seguita da stabilizzazione aerobica dei fanghi,
  - B. ossidazione biologica dei reflui seguita da digestione anaerobica dei fanghi,e precisando che l'attività biologica può anche essere misurata attraverso l'Indice di Respirazione Dinamico;
- In relazione alla definizione dei rifiuti pericolosi come "stabili e non reattivi":
  - la possibilità di conferire nelle discariche per rifiuti non pericolosi nel rispetto dei vincoli previsti dall'articolo 6, comma 4, del DM anche i rifiuti pericolosi riconducibili a codici CER di capitoli diversi dal 19 (rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito,...);
  - l'accertamento della stabilità e non reattività dei rifiuti pericolosi attraverso specifici test, atti a valutare in modo corretto il rilascio a lungo termine di contaminanti dai rifiuti e verificare il rispetto dei limiti imposti dalla Tabella 5a del DM;
  - valutare anche la stabilità fisica e la capacità di carico dei rifiuti, ad esempio riferendosi ai criteri di accettazione inglesi "WAC".

A quest'ultimo documento, ne è seguito piuttosto recentemente un altro, del 22 novembre 2012, n. 12/165/CR8C/C5 in cui relativamente alle sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi – deroghe ex articoli 7 e 10 Dm 27/09/2010, le Regioni evidenziano le problematiche applicative e/o interpretative, e allo scopo di fornire al Ministero ambiente gli elementi necessari a chiarire gli aspetti legati alle deroghe contenute negli articoli 7 e 10 del DM, le Regioni hanno condiviso alcuni punti, tra cui:

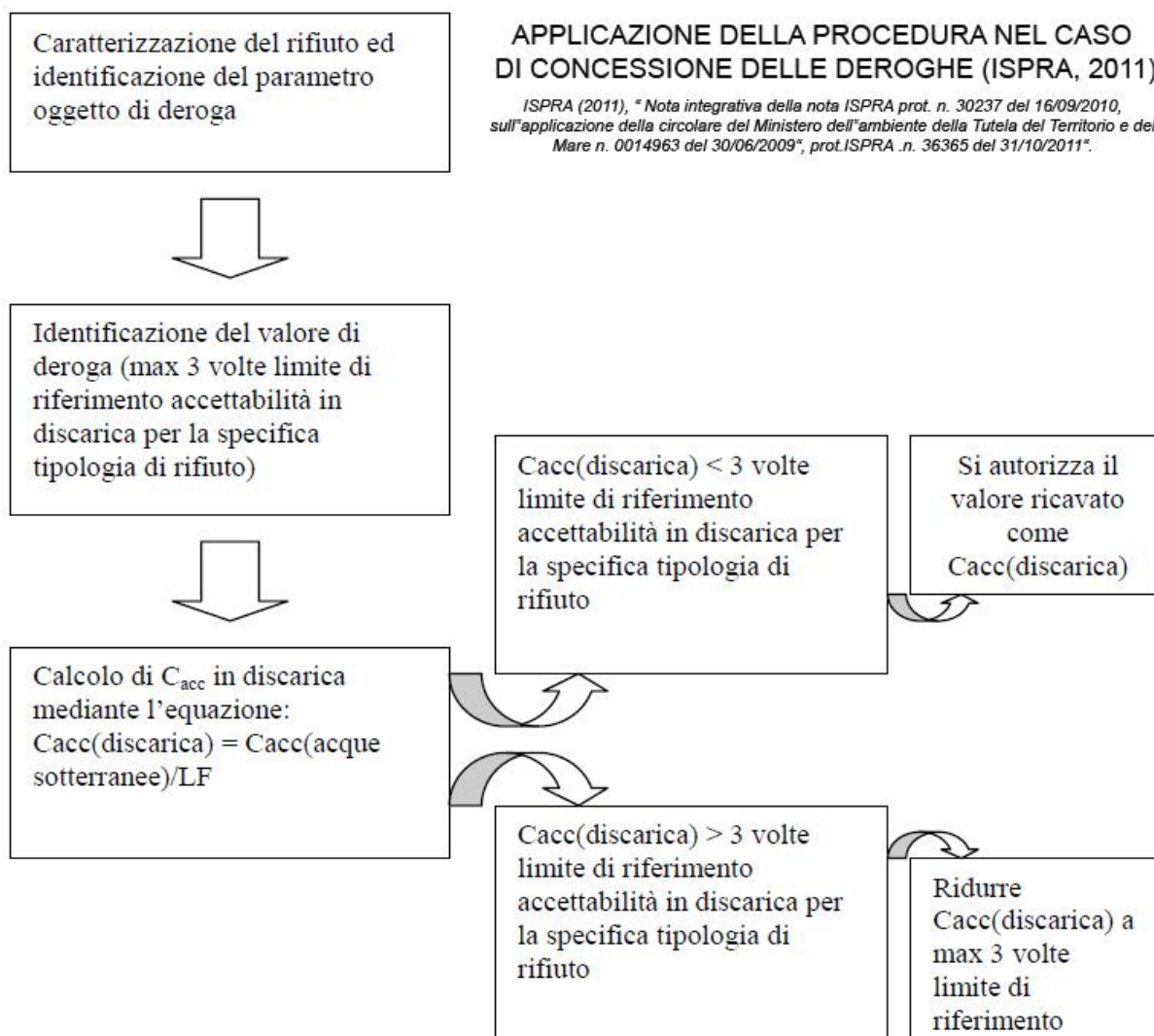
- qualora occorra derogare ai limiti di accettabilità in discarica, deve essere necessario dapprima esaminare se tale deroga è gestibile mediante l'articolo 10 e, solo se non è integralmente sufficiente, si procede a valutare la richiesta di deroga mediante l'articolo

7. Pertanto la scelta tra articolo 7 e l'articolo 10 del DM 27.09.2010 non è da ricondurre in carico al gestore della discarica, bensì ad una procedura specifica da inserire nel DM 27/09/2010;

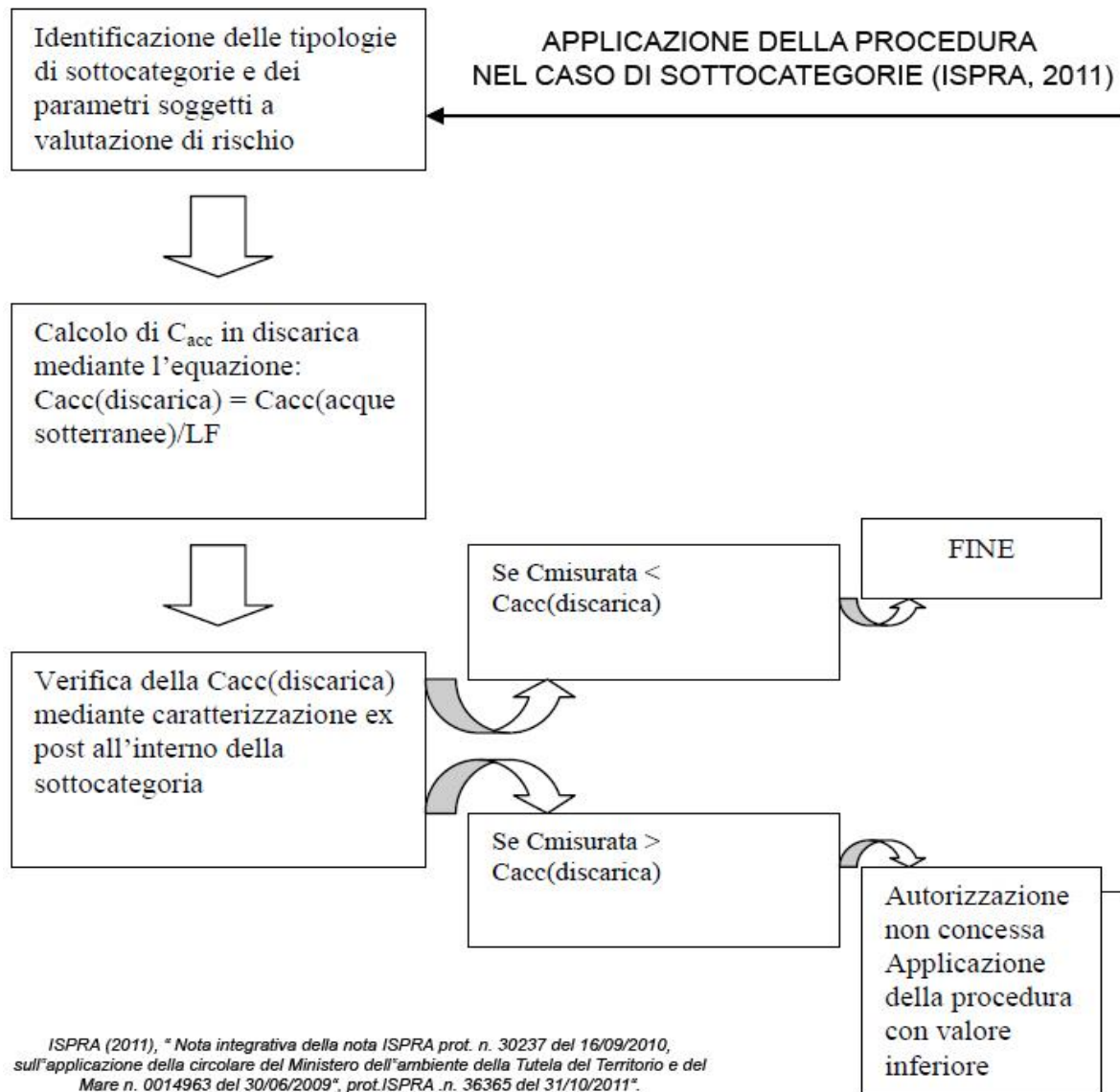
- nelle sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi, di cui all'articolo 7, va prevista in modo esplicito l'ammissibilità dei rifiuti pericolosi stabili e non reattivi;
- i parametri della tabella 5a (Limiti di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità di rifiuti pericolosi stabili non reattivi in discariche per rifiuti non pericolosi) del DM per le sottocategorie di discariche (anche alla luce di quanto riportato all'art 10) dovrebbero essere derogabili.

## 4 PROCEDURA ED EQUAZIONI IMPLEMENTATE NEL TOOL

Come descritto in precedenza, Leach8 permette di applicare la procedura di Analisi di Rischio applicata alle discariche in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana. In particolare, Leach8 può essere applicato preliminarmente alla concessione delle deroghe o a valle della caratterizzazione del rifiuto nel caso delle sottocategorie. La procedura implementata nel tool si basa su quanto definito nel Parere ISPRA (2011), sintetizzato nelle figure seguenti.



**Figura 1.** Procedura implementata in Leach8 nel caso delle deroghe (estratto da ISPRA, 2011).



**Figura 2.** Procedura implementata in Leach8 nel caso delle sottocategorie (estratto da ISPRA, 2011).

Il software può essere inoltre utilizzato per stimare la concentrazione attesa in falda in funzione delle concentrazioni misurate in discarica e delle caratteristiche del sito definite dall'utente.

Di seguito sono riportate le equazioni implementate nello strumento di calcolo per la stima della concentrazione accettabile in discarica.

#### 4.1 CONCENTRAZIONE ACCETTABILE IN DISCARICA (ANALISI BACKWARD)

Leach8 consente di determinare, per ciascun contaminante indicatore selezionato dall'utente, la **concentrazione accettabile in discarica** ( $C_{acc(discarica)}$ ), pari alla concentrazione in deroga o a quella autorizzabile per la sottocategoria, a partire dalla concentrazione accettabile nelle acque sotterranee ( $C_{acc(acquesott)}$ ), al di sotto del corpo discarica, lungo la verticale, posta pari al limite normativo inferiore o valore di fondo accertato dagli Enti di Controllo, attraverso il calcolo del Fattore di Lisciviazione (LF - *Leaching Factor*).

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

Dove 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 (ISPRA, 2005, Parere ISPRA 2011):

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

**SAM (-)** è il **coefficiente di attenuazione nel suolo insaturo** (*Soil Attenuation Model*) che tiene conto dell'attenuazione subita dai contaminanti, per effetto di fenomeni di adsorbimento, durante la migrazione verticale dal fondo della discarica alla falda sottostante. Tale fattore viene calcolato nel tool come (ISPRA, 2005, Parere ISPRA 2011):

$$SAM = \frac{d_d}{L_{GW}}$$

Dove:

$d_d$  (m): profondità rispetto al p.c. dello strato impermeabile di fondo (punto di emissione del percolato)

$L_{GW}$  (m): soggiacenza delle acque di prima falda rispetto al piano campagna

Si sottolinea che il SAM è attivabile quando la migrazione verticale avviene nel suolo insaturo non contaminato, pertanto tale coefficiente non è utilizzabile nel caso di discariche sopraelevate (Parere ISPRA, 2011).

**LDF** è il **fattore di diluizione in falda** (*Leachate Dilution Factor*), che viene stimato in funzione del flusso di falda e del percolato in uscita dalla discarica (Parere ISPRA, 2011):

$$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw} \cdot S_w}{L_f}$$

Dove:

$v_{gw}$  (m/s): velocità di Darcy dell'acquifero

$S_w$  (m): dimensione della discarica in direzione ortogonale al flusso di falda

$\delta_{gw}$  (m): spessore della zona di miscelazione dell'acquifero

$L_f$  (m<sup>3</sup>/s): flusso di percolato in uscita dalla discarica

Si sottolinea che in considerazione del fatto che lo scenario applicativo della concessione di deroghe si colloca in una fase autorizzativa in cui l'obiettivo è quello di prevenire la contaminazione, nel tool sviluppato, in accordo con quanto previsto nella DGRV 1360/2013, per l'analisi backward il Punto di Conformità (POC) viene assunto posto immediatamente sotto la potenziale sorgente di contaminazione (nel caso specifico la discarica) lungo la verticale, ovvero a distanza del POC pari a 0 m dalla sorgente. Non vengono quindi presi in considerazione eventuali fenomeni di dispersione e di diluizione della contaminazione connessi al trasporto delle acque sotterranee fino all'esterno della discarica o al punto in cui possano essere presenti bersagli.

## 4.2 CONCENTRAZIONE ATTESA IN FALDA (ANALISI FORWARD)

Leach8 consente inoltre di valutare, per ciascun contaminante indicatore selezionato dall'utente, la **concentrazione attesa in falda** ( $C_{gw}$ ) al punto di conformità (POC), a partire dalla concentrazione in discarica ( $C_{discarica}$ ) attraverso il calcolo del Fattore di Lisciviazione (LF - *Leaching Factor*) e del fattore di diluizione in falda (DAF – *Dilution Attenuation Factor*).

$$C_{gw} \left[ \frac{mg}{L} \right] = C_{discarica} \cdot LF \cdot DAF$$

Dove 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 (ISPRA, 2005, Parere ISPRA 2011):

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

**SAM (-)** è il **coefficiente di attenuazione nel suolo insaturo** (*Soil Attenuation Model*) che tiene conto dell'attenuazione subita dai contaminanti, per effetto di fenomeni di adsorbimento,

durante la migrazione verticale dal fondo della discarica alla falda sottostante. Tale fattore viene calcolato nel tool come (ISPRA, 2005; Parere ISPRA, 2011):

$$SAM = \frac{d_d}{L_{GW}}$$

Dove:

$d_d$  (m): profondità rispetto al p.c. dello strato impermeabile di fondo (punto di emissione del percolato)

$L_{GW}$  (m): soggiacenza delle acque di prima falda rispetto al piano campagna

Si sottolinea che il SAM è attivabile quando la migrazione verticale avviene nel suolo insaturo non contaminato, pertanto tale coefficiente non è utilizzabile nel caso di discariche sopraelevate (Parere ISPRA, 2011).

**LDF è il fattore di diluizione in falda** (*Leachate Dilution Factor*), che viene stimato in funzione del flusso di falda e del percolato in uscita dalla discarica (Parere ISPRA, 2011):

$$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw} \cdot S_w}{L_f}$$

Dove:

$v_{gw}$  (m/s): velocità di Darcy dell'acquifero

$S_w$  (m): dimensione della discarica in direzione ortogonale al flusso di falda

$\delta_{gw}$  (m): spessore della zona di miscelazione dell'acquifero

$L_f$  (m<sup>3</sup>/s): flusso di percolato in uscita dalla discarica

Si sottolinea che a differenza di quanto fatto per la stima della concentrazione accettabile in discarica (analisi Backward) in cui il POC viene fissato pari a 0, per l'analisi in modalità diretta è possibile valutare la concentrazione in falda ad una certa distanza dal sito in esame.

In particolare, **il DAF è il fattore di diluizione in falda** (*Dilution Attenuation Factor*), che viene stimato attraverso la seguente equazione (ISPRA, 2008):

$$\frac{1}{DAF1} = \operatorname{erf} \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right) \cdot \operatorname{erf} \left( \frac{\delta_{gw}}{4\sqrt{\alpha_{z,POC} \cdot POC}} \right) \quad \text{Dispersione in tutte le direzioni}$$

$$\frac{1}{DAF2} = \operatorname{erf} \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right) \cdot \operatorname{erf} \left( \frac{\delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_{z,POC} \cdot POC}} \right) \quad \text{Dispersione in tutte le direzioni (verticale solo in basso)}$$

$$\frac{1}{DAF3} = \operatorname{erf} \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right) \quad \text{Dispersione longitudinale e trasversale}$$



Dove:

$S_w$  (m): dimensione della discarica in direzione ortogonale al flusso di falda

$\delta_{gw}$ (m): spessore della zona di miscelazione dell'acquifero

POC = distanza dal punto di conformità (cm)

La scelta sul DAF1, DAF2 o DAF3 può essere effettuata dall'utente.

Le equazioni utilizzate per calcolo i valori di dispersività in falda sono i seguenti (ISPRA, 2008):

Dispersività longitudinale,  $\alpha_{x,POC}$  (m)

$$\alpha_{x,POC} = POC/10$$

Dispersività trasversale,  $\alpha_{y,POC}$  (m)

$$\alpha_{y,POC} = \alpha_{x,POC}/3$$

Dispersività verticale,  $\alpha_{z,POC}$  (m)

$$\alpha_{z,POC} = \alpha_{x,POC}/20$$

### 4.3 PARAMETRI INTERMEDI E STIME INDIRECTE

**Velocità di Darcy.** Leach8 calcola in automatico la velocità di Darcy,  $v_{gw}$  (m/s), in funzione del gradiente idraulico e della conducibilità idraulica definiti dall'utente:

$$v_{gw} = K_{sat} \cdot i$$

Dove:

$K_{sat}$ (m/s): conducibilità idraulica dell'acquifero

$i$  (m/m): gradiente idraulico

**Spessore della zona di miscelazione.** Leach8 permette di stimare in maniera indiretta lo spessore della zona di miscelazione,  $\delta_{gw}$  (m), utilizzando la seguente equazione (ISPRA, 2008):

$$\begin{cases} \delta_{gw} = (2 \cdot \alpha_z \cdot W)^{0,5} + d_a \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{W \cdot I_{eff}}{v_{gw} \cdot d_a}\right) \right] & \text{per } \delta_{gw} \leq d_a \\ \delta_{gw} = d_a & \text{per } \delta_{gw} > d_a \end{cases}$$

Dove:

$\alpha_z$  (m): dispersività verticale

$W$  (m): estensione della discarica nella direzione principale del flusso di falda

$d_a$  (m): spessore dell'acquifero

$I_{eff}$  (m/s): infiltrazione efficace

$v_{gw}$  (m/s): velocità di Darcy

**Dispersione verticale.** Leach8 permette di stimare la dispersione verticale,  $\alpha_z$  (m), utilizzando la seguente equazione (ISPRA, 2008):

$$\alpha_z = 0.005 \cdot W$$

Dove:

$W$  (m): estensione della discarica nella direzione principale del flusso di falda

**Infiltrazione efficace.** L'infiltrazione efficace,  $I_{eff}$  (m/s), viene stimata nel tool in funzione del percolato prodotto e della superficie di fondo della discarica:

$$I_{eff} = L_f / A_f$$

Dove:

$L_f$  (m<sup>3</sup>/s): flusso di percolato in uscita dalla discarica

$A_f$  (m<sup>2</sup>): superficie di fondo della discarica

**Percolato prodotto.** Se non sono disponibili dati sito-specifici, Leach8 permette di calcolare il percolato prodotto in uscita dalla discarica utilizzando le equazioni definite nelle linee guida ISPRA (2005).

**Percolato in assenza della geomembrana.** Nel caso di assenza della geomembrana il flusso di percolato in uscita dalla discarica,  $L_f$  (m<sup>3</sup>/s), viene stimato utilizzando la seguente equazione (ISPRA, 2005 e Parere ISPRA, 2011):

$$L_f = K_{eq} \cdot i_f \cdot A_f$$

Dove:

$A_f$  (m<sup>2</sup>): superficie di fondo della discarica

$K_{eq}$  (m/s): conducibilità idraulica dello strato minerale o qualora siano presenti più strati, per esempio argilla e materassino bentonitico rappresenta la conducibilità idraulica equivalente

$i_f$  (m/m): gradiente idraulico verticale

In presenza di materassino bentonitico la conducibilità equivalente viene calcolata come:

$$K_{eq} = \frac{s_B + d_{unsat}}{\frac{s_B}{K_B} + \frac{d_{unsat}}{K_r}}$$

Dove:

$s_B$  (m): spessore materassino bentonitico

$d_{unsat}$  (m): spessore strato minerale insaturo

$K_B$  (m/s): conducibilità materassino bentonitico

$K_r$  (m/s): conducibilità idraulica dello strato minerale

Il gradiente idraulico verticale viene calcolato mediante la seguente equazione:

$$i_f = \frac{h_{perc} + d_{unsat}}{d_{unsat}}$$

Dove:

$h_{perc}(m)$ : livello del percolato sul fondo della discarica

$d_{unsat}(m)$ : spessore dello strato minerale attraversato

**Percolato in presenza della geomembrana.** Nel caso di presenza della geomembrana il flusso di percolato in uscita dalla discarica,  $L_f$  ( $m^3/s$ ), viene stimato utilizzando la seguente equazione (ISPRA, 2005 e Parere ISPRA, 2011):

$$L_f = A_f \cdot \left[ (\rho_m \cdot L'_{fm}) + (\rho_f \cdot L'_{ff}) + (\rho_s \cdot L'_{fs}) \right]$$

Dove:

$A_f$  (ha): superficie di fondo della discarica

$\rho_m, \rho_f, \rho_s$  (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 (ISPRA, 2005 e Parere ISPRA, 2011):

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

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,

$i_{av}$  (m/m) 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

Il gradiente idraulico medio verticale in caso di presenza di geomembrana viene calcolato mediante la seguente equazione (ISPRA, 2005):

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

Dove:

$h_{perc}$  (m): livello del percolato sul fondo della discarica

$d_{unsat}$  (m): spessore dello strato minerale attraversato

Per quanto riguarda i difetti e le caratteristiche della geomembrana si può far riferimento ai valori indicati nelle linee guida ISPRA (2005) e riportati anche nel Parere ISPRA (2011) riportate nella figura seguente.

<b>Tabella 15. Distribuzione delle caratteristiche dei difetti della geomembrana</b>										
tipo di difetto	difetti della geomembrana							area dei difetti		
	distribuzione di probabilità	densità difetti con CQ <sup>(*)</sup> (numero/ha)			densità difetti senza CQ <sup>(*)</sup> (numero/ha)			distribuzione di probabilità	area dei difetti (m <sup>2</sup> )	
micro fori	triangolare	0	25	25	0	750	750	log uniforme	1x10 <sup>-8</sup>	5x10 <sup>-6</sup>
fori	triangolare	0	5	5	0	150	150	log uniforme	5x10 <sup>-6</sup>	1x10 <sup>-4</sup>
strappi	trinagolare	0	0,1	2	0	0,5	10	log uniforme	1x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-2</sup>

(\*) CQ è l'abbreviazione di "Controllo di Qualità"

**Figura 3.** Difetti e le caratteristiche della geomembrana (ISPRA, 2005).

Si sottolinea che la DGRV 1360/13 a scopo cautelativo prevede di non considerare il telo in HDPE per la stima del flusso in uscita dalla discarica.

## 5 INTERFACCIA DEL TOOL

Leach8 utilizza una semplice interfaccia grafica attraverso la quale l'utente può seguire i diversi step per la compilazione dei dati di input e la visualizzazione degli output. Leach8 è strutturato per lavorare nei diversi fogli di calcolo a cui si accede dai relativi pulsanti della schermata principale di avvio (vedi figura).

The screenshot displays the Leach8 v.1.0 software interface. At the top, there's a header with the logo, version, and authors (2017 - Ing. Iason Verginelli, Ing. Andrea Forni). A navigation bar includes buttons for 'Apri File', 'Salva', 'Analisi Backward (Deroghe)', 'Nuovo', 'Stampa', and 'Analisi Forward (Falda)'. The main area is divided into several sections:

- Caratteristiche sito:** A table with parameters like surface area ( $A_f$ ), depth ( $d_d$ ), extension ( $W$ ), and hydraulic conductivity ( $K_{sat}$ ).
- Strato minerale:** A table for mineral layer properties like hydraulic conductivity ( $K_v$ ) and thickness ( $d_{msat}$ ).
- Materassino bentonitico:** A section for bentonite mat properties, including presence checkbox and hydraulic conductivity ( $K_B$ ).
- Geomembrana:** A table for geomembrane defect characteristics like area ( $C_d$ ) and number of defects.
- Percolato in uscita dalla discarica:** A panel showing leachate flow rate (Percolato (L)) as  $4.25E+03$  m<sup>3</sup>/anno.
- Attenuazione Percolato:** A panel for attenuation factors like LDF (3.20E+01) and LF (3.12E-02).
- Selezione contaminanti:** A grid of checkboxes for various pollutants such as Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo Totale, Rame, Mercurio, Molibdeno, Nichel, Piombo, Antimonio, Selenio, Zinco, Cloruri, Fluoruri, Solfati, DOC, Solidi Disciolti (TDS), and Indice Fenolo.
- Tipologia Discarica:** A dropdown menu currently set to 'Rifiuti inerti (Tab. 2)'. Below it is a diagram of a landfill cell with parameters  $L_{GW}$  and  $d_d$ .
- Guida e definizione dei limiti:** A panel with buttons for 'Limiti', 'Deroghe', 'Applicazione', and 'Equazioni'.

Figura 4. Schermata iniziale software Leach8.

Nella schermata principale è possibile definire le informazioni generali sul progetto, la tipologia di discarica, le diverse caratteristiche della discarica, i contaminanti di riferimento e le opzioni di calcolo. Da qui è inoltre possibile salvare o caricare i file generati dal software. I pulsanti “?” presenti in alcune finestre di dialogo permettono di accedere alla guida rapida di riferimento.

## 5.1 INPUT

Per velocizzare il processo di compilazione, in Leach8 vengono richiesti solo i parametri effettivamente utilizzati per il caso specifico in funzione delle opzioni di calcolo. In particolare le caselle in grigio chiaro sono i dati non richiesti, mentre i dati da inserire sono riportati nelle celle in azzurro. Vengono inoltre evidenziati in rosso i parametri calcolati utilizzando criteri di stima indiretta (se attiva la spunta sui pulsanti “calcolato”). Si sottolinea che i valori precaricati nel software o impostati premendo il pulsante “Valori di default” non rappresentano i valori necessariamente più cautelativi pertanto, nel caso in cui non si abbia il dato sito-specifico, si consiglia di valutare attentamente il dato da utilizzare.

Di seguito sono brevemente descritte le opzioni di calcolo attivabili nel tool.

**Conducibilità idraulica.** Per la conducibilità dell’acquifero, l’utente può scegliere, dal menù a tendina, se utilizzare i dati indicati nel documento ISPRA (2008) o definire dei dati sito-specifici selezionando dal menù a tendina la voce “--- CUSTOM ---”. In Tabella 5 sono riportati i dati implementati nel tool relativi alle diverse tipologie di terreno.

**Tabella 5.** *Conducibilità idraulica dell’acquifero in funzione della tessitura selezionata.*

TESSITURA	$K_{sat}$ (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

**Dispersività verticale.** L’utente può scegliere se inserirla manualmente o calcolarla in funzione dell’estensione della discarica (si rimanda alle equazioni riportate in allegato per maggior dettaglio).

Caratteristiche sito		?	Valori di default	
Superficie di fondo della discarica	$A_f$		100 000	m <sup>2</sup>
Profondità punto di emissione percolato rispetto p.c.	$d_d$		25	m
Estensione discarica nella direzione del flusso di falda	$W$		200	m
Estensione discarica nella direzione ortogonale al flusso	$S_w$		500	m
Soggiacenza Falda	$L_{GW}$		30	m
Gradiente Idraulico Falda	$i$		1.00E-02	m/m
Conducibilità Idraulica Falda	LOAMY SAND		$K_{sat}$	4.05E-05
Spessore acquifero	$d_a$		25	m
Dispersività verticale	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolato	$\alpha_v$	1.00E+02	cm
Spessore di miscelazione	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolato	$\delta_{gw}$	2.07E+01	m

Strato minerale				
Conducibilità Idraulica	$K_r$		1.0E-09	m/s
Altezza percolato sul fondo della discarica	$h_{perc}$		0.5	m
Spessore strato minerale	$d_{unsat}$		1.00	m
Gradiente idraulico medio verticale	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolato	$i_{zv}$	1.50	m

Materassino bentonitico				
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza materassino bentonitico (non valido per strato drenante)				
Conducibilità Materiale bentonitico	$K_B$		5.00E-11	m/s
Spessore materassino bentonitico	$s_B$		0.006	m
Conducibilità equivalente (argilla + materassino)	?	$K_{eq}$	8.98E-10	m/s

Geomembrana <input type="checkbox"/> Geomembrana presente				
Difetti Geomembrana		area difetti	num. difetti	
		m <sup>2</sup> /ettaro	# /ettaro	
Microfori		5.00E-06	25	
Fori		1.00E-04	5	
Strappi		1.00E-02	2	
Costante qualità contatto	$C_d$		1.15E+00	-

Figura 5. Parametri di input: caratteristiche del sito e materiali pacchetto impermeabilizzante.

**Spessore della zona di miscelazione.** L'utente può scegliere se inserirlo manualmente o calcolarlo in funzione delle caratteristiche del terreno e dell'acquifero (si rimanda alle equazioni riportate in allegato per maggior dettaglio).

**Gradiente idraulico verticale.** L'utente può scegliere se inserirlo manualmente o calcolarlo utilizzando le equazioni riportate in allegato.

**Materassino bentonitico.** Il tool permette di stimare il percolato prodotto tenendo conto o meno della presenza del materassino bentonitico. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni implementate si rimanda a quanto riportato in allegato.

**Geomembrana.** Il tool permette di stimare il percolato prodotto tenendo conto o meno della presenza della geomembrana. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni implementate si rimanda a quanto riportato in allegato.

**Percolato in uscita dalla discarica.** L'utente può scegliere se calcolare tale parametro utilizzando le equazioni ISPRA (2005) o inserire il dato sito-specifico. Si rimanda alle equazioni riportate in allegato per maggior dettaglio.

**SAM.** L'utente può scegliere se tener conto o meno dell'attenuazione subita dal percolato durante la lisciviazione dal fondo della discarica alla falda (SAM, Soil Attenuation Model). Si sottolinea che il SAM è attivabile quando la migrazione verticale avviene nel suolo insaturo non contaminato, pertanto tale coefficiente non è utilizzabile nel caso di discariche sopraelevate. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni implementate si rimanda a quanto riportato in allegato.

**Tipologia discarica.** In accordo con quanto previsto dal DM 27/09/2010 nel tool è possibile selezionare tra 4 tipologie di discariche: Rifiuti inerti (Tab. 2), Rifiuti non pericolosi (Tab. 5), Rifiuti non pericolosi (Tab. 5a), Rifiuti pericolosi (Tab. 6). In funzione della tipologia di discarica selezionata vengono utilizzati i valori di riferimento riportati nel DM 27/09/2010.

## 5.2 LIMITI NORMATIVI

Nel Leach8 sono implementati i criteri di ammissibilità in discarica stabiliti dal DM 27/09/2010 in funzione della tipologia di discarica descritti in Tabella 2 (vedi Figura 6).

Per quanto riguarda i limiti per le acque sotterranee sono pre-caricati i valori definiti nella Tab. 3 del D.Lgs. 30/2009 e dove non disponibili i valori suggeriti nei pareri ISPRA (2011) e DGRV 1360/2013. I parametri pre-caricati nel tool (che tuttavia possono essere modificati dall'utente) sono riportati in Tabella 6.



**Leach8**  
Limiti Normativi

Valori di Default    Output    Home

Contaminante	Tab. 2 - DM 27/09/2010	Tab.5 - DM 27/09/2010	Tab. 5a - DM 27/09/2010	Tab. 6 - DM 27/09/2010	Limiti acque sotterranee (modificabili) ?	
	Rifiuti inerti (Tab. 2)	Rifiuti non pericolosi (Tab. 5)	Rifiuti non pericolosi (Tab. 5a-SNR)	Rifiuti pericolosi (Tab. 6)	mg/L	Riferimento
	mg/L					
Arsenico	0.05	0.2	0.2	2.5	0.01	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Bario	2	10	10	30	0.1	Tab. 1/A All. 2 parte terza - D.Lgs. n. 152/06
Cadmio	0.004	0.1	0.1	0.5	0.005	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Cromo totale	0.05	1	1	7	0.05	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Rame	0.2	5	5	10	1	CSC (D.Lgs. 152/06)
Mercurio	0.001	0.02	0.02	0.2	0.001	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Molibdeno	0.05	1	1	3	0.05	DGRV 1360/2013
Nichel	0.04	1	1	4	0.02	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Piombo	0.05	1	1	5	0.01	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Antimonio	0.006	0.07	0.07	0.5	0.005	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Selenio	0.01	0.05	0.05	0.7	0.01	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Zinco	0.4	5	5	20	3	CSC (D.Lgs. 152/06)
Cloruri	80	2500	1500	2500	250	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Fluoruri	1	15	15	50	1.5	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
Solfati	100	5000	2000	5000	250	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
DOC	50	100	80	100	10	Assumendo 1/3 del limite COD (1)
TDS	400	10000	6000	10000	500	ISPRA 2011
Indice Fenolo	0.1	-	-	-	0.0005	ISS Prot. 5558-25/03/2004

\* In rosso vengono evidenziati i limiti per le acque sotterranee modificati rispetto al default  
<sup>(1)</sup> Nota ISPRA Prot. n. 30237 (16/09/2010). "Nel caso del parametro DOC si propone di utilizzare come riferimento i risultati della sperimentazione effettuata da ARPAV che ha evidenziato un rapporto tra COD (chemical oxygen demand) e DOC (dissolved organic carbon) pari mediamente a 3 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)."

Figura 6. Schermata limiti normativi implementati in Leach8.

Tabella 6. Limiti acque sotterranee pre-caricati nel Leach8.

Contaminante	Limiti acque sotterranee	
	C (mg/L)	Note
<b>Arsenico</b>	<b>0,01</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Bario</b>	<b>0,1</b>	Tab. 1/A All. 2 parte terza - D.Lgs. 152/06
<b>Cadmio</b>	<b>0,005</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009 (nel caso di assenza di interazione con acque superficiali)
<b>Cromo totale</b>	<b>0,05</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Rame</b>	<b>1</b>	CSC (D.Lgs. 152/06)
<b>Mercurio</b>	<b>0,001</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009 (nel caso di assenza di interazione con acque superficiali)
<b>Molibdeno</b>	<b>0,05</b>	DGRV 1360/2013
<b>Nichel</b>	<b>0,02</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Piombo</b>	<b>0,01</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009 (nel caso di assenza di interazione con acque superficiali)
<b>Antimonio</b>	<b>0,005</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Selenio</b>	<b>0,01</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Zinco</b>	<b>3</b>	CSC (D.Lgs. 152/06)
<b>Cloruri</b>	<b>250</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Fluoruri</b>	<b>1,5</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>Solfati</b>	<b>250</b>	Tab.3 - D.Lgs. 30/2009
<b>DOC</b>	<b>10</b>	ISPRA, 2011 (assumendo 1/3 del limite COD)
<b>TDS</b>	<b>500</b>	ISPRA, 2011
<b>Indice Fenolo</b>	<b>0,0005</b>	ISS Prot. 5558-25/03/2004

In particolare con riferimento ai valori riportati in Tabella 6 si sottolinea che:

- Nel caso del parametro TDS in accordo con quanto indicato nel Parere ISPRA (2011) è pre-caricato il valore di 500 mg/l proposto da US EPA, che considera il parametro TDS come “secondary drinking water standard” (USEPA, IRIS).
- Nel caso del parametro DOC è stato assunto un limite di 10 mg/L in accordo con quanto indicato nel Parere ISPRA (2011) in cui si propone di utilizzare “come riferimento i risultati della sperimentazione effettuata da ARPAV che ha evidenziato un rapporto tra COD (chemical oxygen demand) e DOC (dissolved organic carbon) pari mediamente a 3 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)”
- Nel caso del parametro molibdeno nel tool è implementato il limite di 50 µg/l indicato dalla DGRV 1360/2013 e previsto dalla normativa tedesca.
- Nel caso del parametro Indice Fenolo nel tool è implementato il limite di 5 µg/l indicato nel parere ISS del 2004 (Prot. 5558-25/03/2004).

## 5.3 OUTPUT

### 5.3.1 Analisi Backward

Dal pulsante “Analisi Backward (Deroghe)” della schermata principale (Figura 4) si accede alla schermata di visualizzazione degli output (Figura 7). In tale schermata per ciascun contaminante selezionato dall'utente viene mostrata la concentrazione accettabile calcolata secondo la procedura descritta nel paragrafo 4.1 e i limiti normativi stabiliti dal DM 27/09/2010 inerenti i criteri di ammissibilità in discarica in funzione della tipologia di discarica selezionata. Inoltre in tale schermata viene riportato l'esito della procedura descritta nel paragrafo 4 riportando il valore calcolato nel caso delle deroghe e delle sottocategorie. Nel caso in cui la deroga non sia applicabile per il tipo di discarica o parametro selezionato viene indicato il simbolo NA. A fianco del valore riportato viene inoltre indicato l'esito della valutazione e il valore preso come riferimento (colonna note).

Contaminante	Cacc discarica (AdR)	Tab.5 - DM 27/09/2010	Deroga Applicabile Art. 10		Sottocategorie Art. 7	
	mg/L	mg/L	mg/L	Nota	mg/L	Nota
Arsenico	3.20E-01	2.00E-01	3.20E-01	Cacc (AdR)	3.20E-01	Cacc AdR
Bario	3.20E+00	1.00E+01	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5
Cadmio	1.60E-01	1.00E-01	1.60E-01	Cacc (AdR)	1.60E-01	Cacc AdR
Cromo totale	1.60E+00	1.00E+00	1.60E+00	Cacc (AdR)	1.60E+00	Cacc AdR
Rame	3.20E+01	5.00E+00	1.50E+01	3vv Tab.5 (art. 10)	3.20E+01	Cacc AdR
Mercurio	3.20E-02	2.00E-02	3.20E-02	Cacc (AdR)	3.20E-02	Cacc AdR
Molibdeno	1.60E+00	1.00E+00	1.60E+00	Cacc (AdR)	1.60E+00	Cacc AdR
Nichel	6.41E-01	1.00E+00	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5
Piombo	3.20E-01	1.00E+00	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5	NA	Non Derogabile Cacc (AdR) < Tab.5
Antimonio	1.60E-01	7.00E-02	1.60E-01	Cacc (AdR)	1.60E-01	Cacc AdR
Selenio	3.20E-01	5.00E-02	1.50E-01	3vv Tab.5 (art. 10)	3.20E-01	Cacc AdR
Zinco	9.61E+01	5.00E+00	1.50E+01	3vv Tab.5 (art. 10)	9.61E+01	Cacc AdR
Cloruri	8.01E+03	2.50E+03	7.50E+03	3vv Tab.5 (art. 10)	8.01E+03	Cacc AdR
Fluoruri	4.81E+01	1.50E+01	4.50E+01	3vv Tab.5 (art. 10)	4.81E+01	Cacc AdR
Solfati	8.01E+03	5.00E+03	8.01E+03	Cacc (AdR)	8.01E+03	Cacc AdR
DOC	3.20E+02	1.00E+02	3.00E+02	3vv Tab.5 (art. 10)	3.20E+02	Cacc AdR
TDS	1.60E+04	1.00E+04	1.60E+04	Cacc (AdR)	1.60E+04	Cacc AdR
Indice Fenolo	1.60E-02	-	NA	Non Applicabile	NA	Non Applicabile

\* E' possibile servirsi dei valori per il TDS (Solidi disciolti totali) in alternativa ai valori per i solfati e per i cloruri (DM 27/09/2010).

Figura 7. Schermata output (Analisi Backward) del software Leach8.

### 5.3.2 Analisi Forward

Dal pulsante “Analisi Forward (Falda)” della schermata principale (Figura 4) si accede alla schermata di visualizzazione degli output (Figura 8). In tale schermata per ciascun contaminante selezionato dall'utente, viene mostrata la concentrazione attesa in falda in funzione delle concentrazioni nell'eluato misurate in discariche e delle caratteristiche del sito definite dall'utente. In tale schermata è inoltre possibile valutare la concentrazione al POC, ovvero la concentrazione in falda attesa ad una certa distanza dal sito in esame. Si ribadisce che per il valore del POC maggiore di zero viene utilizzato esclusivamente in tale schermata mentre per l'analisi backward, in accordo con quanto previsto nella DGRV 1360/2013, il Punto di Conformità (POC) viene assunto posto immediatamente sotto la potenziale sorgente di contaminazione (nel caso specifico la discarica) lungo la verticale, ovvero a distanza del POC pari a 0 m dalla sorgente. Nel caso in cui venga definito un POC maggiore di zero è possibile definire il tipo di dispersione in falda selezionando il modello da usare (DAF1, DAF2 o DAF3). In tale schermata è possibile inoltre valutare le concentrazioni attese in falda anche per i contaminanti per i quali non è possibile applicare la procedura di deroga. In tal caso l'utente deve definire nella tabella inferiore mostrata in Figura 8, il nome del contaminante la concentrazione misurata nell'eluato e la concentrazione limite in falda. Le concentrazioni in falda che risultano superiori al limite normativo vengono evidenziate in rosso. Per valutare l'entità del superamento viene riportato il rischio per la risorsa idrica (Rgw) che viene calcolato come il rapporto tra la concentrazione attesa in falda e il limite di riferimento.

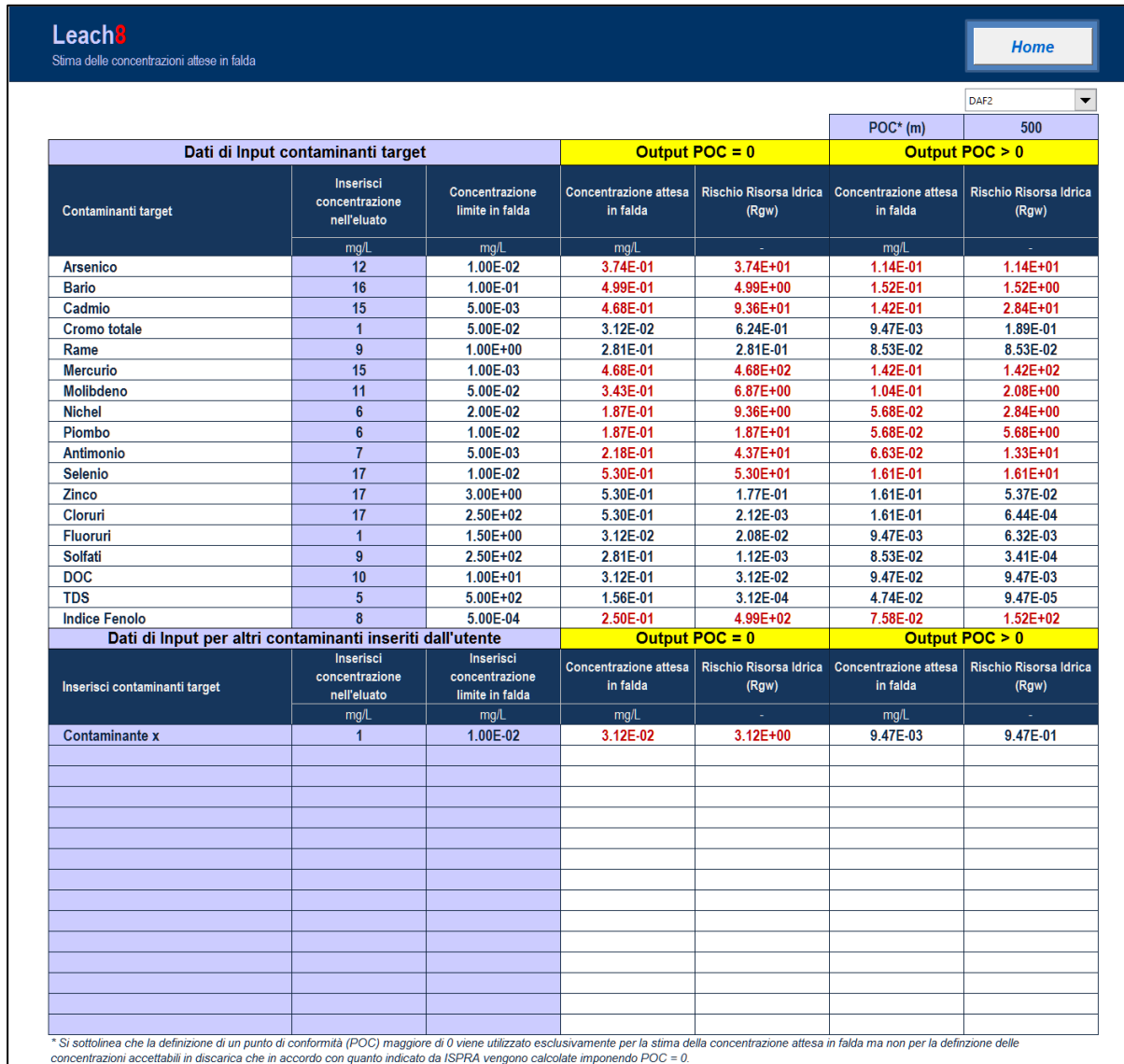


Figura 8. Schermata output (Analisi Forward) del software Leach8.

## 6 ALLEGATO: SINTESI EQUAZIONI IMPLEMENTATE NEL TOOL

Parametro	Equazioni
<b>Calcolo concentrazione accettabile (Backward)</b>	
Concentrazione accettabile in discarica	$C_{acc(discarica)} \left[ \frac{mg}{L_{percolato}} \right] = \frac{C_{acc(acquosatt)}}{LF}$
Fattore di lisciviazione	$LF = \frac{SAM}{LDF}$
Coefficiente di attenuazione	$SAM = \frac{d_d}{L_{GW}}$
Fattore di diluizione	$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw} \cdot S_w}{L_f}$
<b>Calcolo concentrazione in falda (Forward)</b>	
Concentrazione attesa in falda	$C_{gw} \left[ \frac{mg}{L} \right] = C_{discarica} \cdot LF \cdot DAF$
Fattore di lisciviazione	$LF = \frac{SAM}{LDF}$
Fattore di diluizione in falda (l'utente può scegliere il modello da utilizzare per il calcolo del DAF)	$\frac{1}{DAF1} = erf \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right) \cdot erf \left( \frac{\delta_{gw}}{4\sqrt{\alpha_{z,POC} \cdot POC}} \right)$ $\frac{1}{DAF2} = erf \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right) \cdot erf \left( \frac{\delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_{z,POC} \cdot POC}} \right)$ $\frac{1}{DAF3} = erf \left( \frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_{y,POC} \cdot POC}} \right)$
<b>Parametri Intermedi</b>	
Velocità di Darcy	$v_{gw} = K_{sat} \cdot i$
Spessore miscelazione in falda	$\delta_{gw} = (2 \cdot \alpha_z \cdot W)^{0,5} + d_a \cdot \left[ 1 - \exp \left( - \frac{W \cdot I_{eff}}{v_{gw} \cdot d_a} \right) \right]$ <p>Se <math>\delta_{gw} &gt; d_a \rightarrow \delta_{gw} = d_a</math></p>
Dispersività verticale	$\alpha_z = 0.005 \cdot W$
Infiltrazione efficace	$I_{eff} = L_f / A_f$
<b>Calcolo del percolato (in presenza di geomembrana)</b>	
Flusso in uscita da microfori, fori e strappi	$\begin{cases} \dot{L}_{fm} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_m^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{microfori} \\ \dot{L}_{ff} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_f^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{fori} \\ \dot{L}_{fs} = C_d \cdot i_{av} \cdot h_{perc}^{0,9} \cdot a_s^{0,1} \cdot K_{eq}^{0,74} & \text{strappi} \end{cases}$
Percolato in uscita dalla discarica	$L_f = A_f \cdot \left[ (\rho_m \cdot \dot{L}_{fm}) + (\rho_f \cdot \dot{L}_{ff}) + (\rho_s \cdot \dot{L}_{fs}) \right]$
Gradiente idraulico medio verticale	$i_{av} = 1 + 0,1 \cdot \left( \frac{h_{perc}}{d_{unsat}} \right)^{0,95}$

<b>Calcolo del percolato (in assenza di geomembrana)</b>	
Percolato in uscita dalla discarica	$L_f = K_{eq} \cdot i_f \cdot A_f$
Gradiente idraulico medio verticale	$i_f = \frac{h_{perc} + d_{unsat}}{d_{unsat}}$
Conducibilità equivalente (argilla + materassino)	$K_{eq} = \frac{s_B + d_{unsat}}{\frac{s_B}{K_B} + \frac{d_{unsat}}{K_r}}$

## Nomenclatura Tabella

**A<sub>f</sub>**: Superficie di fondo della discarica (m<sup>2</sup>. Eq. calcolo del flusso con geomembrana in ha)

**a<sub>m</sub>, a<sub>f</sub>, a<sub>s</sub>**: Area dei difetti per microfori, fori e strappi presenti (m<sup>2</sup>)

**C<sub>acc(acquesott)</sub>**: Concentrazione accettabile nelle acque sotterranee (mg/l)

**C<sub>d</sub>**: costante adimensionale che descrive la qualità del contatto tra geomembrana e strato sottostante (-)

**DAF**: Fattore di diluizione in falda (-)

**d<sub>a</sub>**: Spessore acquifero (m)

**d<sub>d</sub>**: Profondità rispetto al p.c. dello strato impermeabile di fondo (m)

**d<sub>unsat</sub>**: Spessore strato minerale insaturo (m)

**h<sub>perc</sub>**: Altezza del livello di percolato sopra la geomembrana o sul fondo della discarica (m)

**i**: Gradiente idraulico in falda (-)

**i<sub>av</sub>**: Gradiente idraulico verticale (-)

**i<sub>eff</sub>**: Infiltrazione efficace (m/s)

**i<sub>f</sub>**: Gradiente idraulico verticale (-)

**K<sub>B</sub>**: Conducibilità materassino bentonitico (m/s)

**K<sub>r</sub>**: Conducibilità idraulica dello strato minerale (m/s)

**K<sub>sat</sub>**: Conducibilità idraulica (m/s)

**LDF**: Fattore di diluizione (-)

**LF**: Fattore di lisciviazione (-)

**L<sub>f</sub>**: Flusso di percolato uscente dalla discarica (m<sup>3</sup>/s)

**L'<sub>fm</sub>, L'<sub>ff</sub>, L'<sub>fs</sub>**: Flussi di percolato che filtrano rispettivamente attraverso i microfori, fori e strappi (m<sup>3</sup>/s)

**L<sub>GW</sub>**: Soggiacenza della falda rispetto al p.c. (m)

**SAM**: Coefficiente di attenuazione (-)

**s<sub>B</sub>**: Spessore materassino bentonitico (m)

**S<sub>w</sub>**: Dimensione della discarica in direzione ortogonale al flusso di falda (m)

**POC**: Distanza della discarica dal punto di conformità (m)

**v<sub>gw</sub>**: Velocità di Darcy (m/s)

**W**: Estensione della discarica nella direzione principale del flusso di falda (m)

**α<sub>z</sub>**: Dispersività verticale al di sotto della discarica (m)

**α<sub>x,POC</sub>**: Dispersività longitudinale per trasporto al punto di conformità (m)

**α<sub>y,POC</sub>**: Dispersività trasversale per trasporto al punto di conformità (m)

**α<sub>z,POC</sub>**: Dispersività verticale per trasporto al punto di conformità (m)

**δ<sub>gw</sub>**: Spessore miscelazione in falda (m)

**ρ<sub>m</sub>, ρ<sub>f</sub>, ρ<sub>s</sub>**: Densità o distribuzioni di probabilità rispettivamente dei microfori, fori e strappi (numero/ha)

## BIBLIOGRAFIA

---

- Circolare Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2009). Smaltimento dei rifiuti urbani in discarica: problematiche e dubbi interpretativi. Prot. n. 0014963 del 30/06/2009.
- D.Lgs 36/2003. Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. GU n. 59 del 12-3-2003- Suppl. Ordinario n.40.
- D.M. 27 settembre 2010. Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005. GU n. 281 del 01/12/2010.
- D.M. 24 giugno 2015. Modifica del decreto 27 settembre 2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica. GU n.211 del 11-9-2015
- Deliberazione della giunta regionale n. 1360 del 30 luglio 2013. Autorizzazioni alle sottocategorie di discariche. Deroghe ai limiti di accettabilità dei rifiuti. Decreto Legislativo 13.01.2003, n. 36 - DM 27.09.2010. Criteri ed indirizzi operativi. Presa d'atto degli esiti del tavolo tecnico regionale istituito con DGRV n. 1766/2010.
- 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.
- 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".