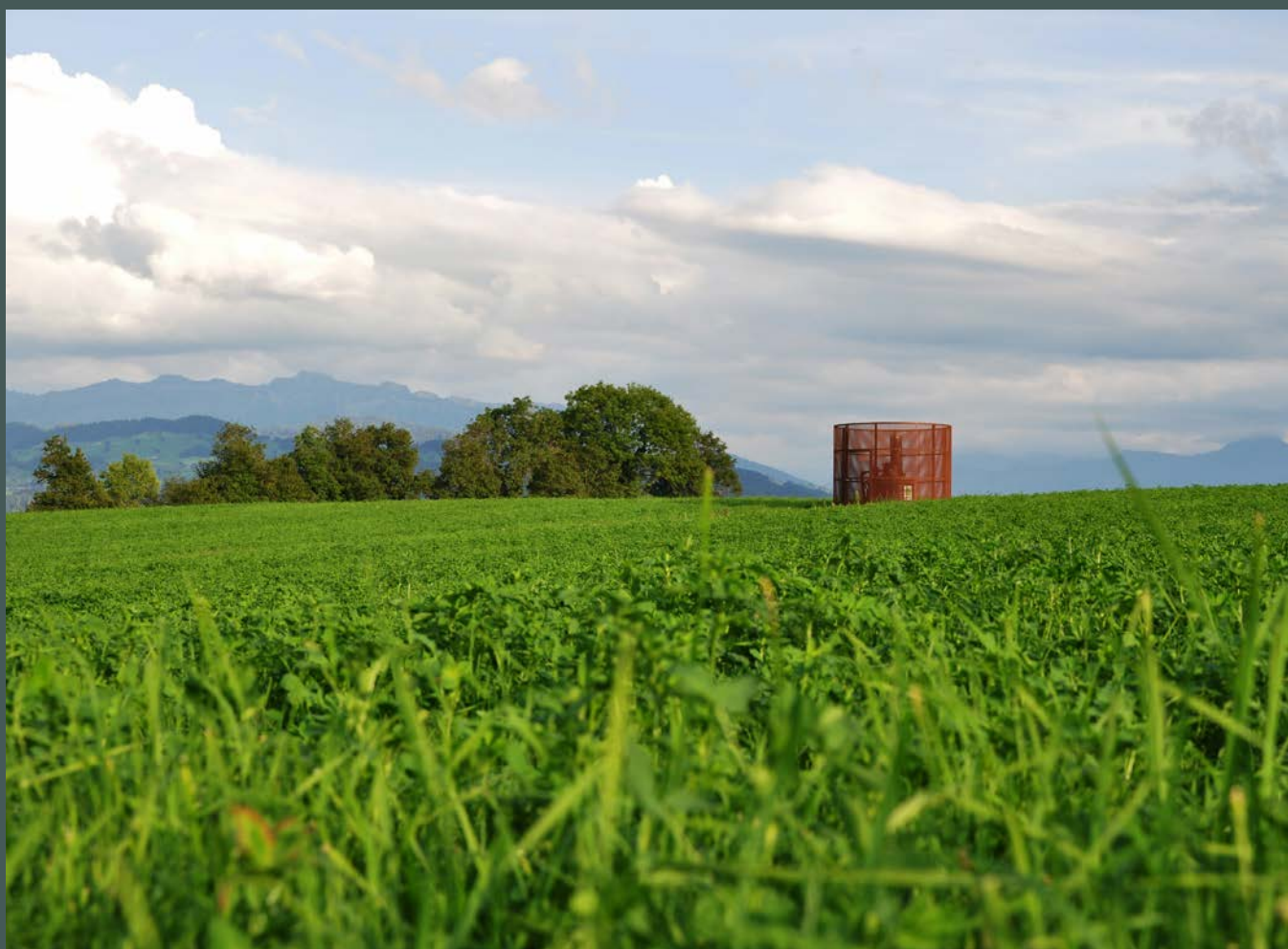


# Discariche

Un modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (ordinanza sui rifiuti, OPSR)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Ufficio federale dell'ambiente UFAM**

# Discariche

Un modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (ordinanza sui rifiuti, OPSR)

# Nota editoriale

## Valenza giuridica

La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza. Destinata in primo luogo alle autorità esecutive, essa concretizza le prescrizioni del diritto federale in materia ambientale (in merito a concetti giuridici indeterminati e alla portata e all'esercizio della discrezionalità) nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni sono conformi al diritto federale. Sono tuttavia ammesse anche altre soluzioni alternative, purché siano conformi al diritto vigente.

## Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

## Autori

André Laube (divisione Rifiuti e materie prime, UFAM) et al.

## Indicazione bibliografica

UFAM (ed.) 2019: Discariche. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1826

## Grafica

Firstbrand

## Grafica e impaginazione

Cavetti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

## Foto di copertina

Superficie di discarica ricoltivata con pozzo per pompe protetto con griglia

© LAA, 2019

## Link per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uv-1826-i](http://www.bafu.admin.ch/uv-1826-i)

La versione cartacea non può essere ordinata.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese. La lingua originale è il tedesco.

© UFAM 2019

# Indice

---

|           |   |
|-----------|---|
| Abstracts | 5 |
|-----------|---|

---

|            |   |
|------------|---|
| Prefazione | 6 |
|------------|---|

---

|                                                 |  |
|-------------------------------------------------|--|
| Valutazione della pericolosità delle discariche |  |
|-------------------------------------------------|--|

---

# Abstracts

These implementation guidelines set out the legal foundations for the 'Landfills' module. Undefined legal terms are explained in greater detail in the interests of more standardised implementation with regard to the establishment and operation of landfill waste disposal sites. The guidelines are aimed primarily at implementing authorities within cantonal and commune administrations.

Il presente aiuto all'esecuzione illustra le basi legali per il modulo «Discariche». Vengono specificati concetti giuridici indeterminati al fine di un'esecuzione più uniforme nella costruzione e nell'esercizio delle discariche. L'aiuto all'esecuzione è destinato in primo luogo alle autorità esecutive delle amministrazioni cantonali e comunali.

Diese Vollzugshilfe erläutert rechtliche Grundlagen für das Modul «Deponien». Unbestimmte Rechtsbegriffe werden in Hinblick auf einen einheitlicheren Vollzug beim Errichten und Betreiben der Abfallanlagen Deponien konkretisiert. Die Vollzugshilfe richtet sich in erster Linie an die Vollzugsbehörden in den kantonalen und kommunalen Verwaltungen.

La présente aide à l'exécution explique les bases légales relatives au module «Décharges». Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution dans les administrations cantonales et communales, elle concrétise des notions juridiques indéterminées en vue de favoriser une application uniforme de la législation dans le cadre de l'aménagement et de l'exploitation de décharges.

**Keywords:**

*Landfills, risk assessment,  
ADWO implementation*

**Parole chiave:**

*discariche, valutazione del  
pericolo, esecuzione OPSR*

**Stichwörter:**

*Deponien, Gefährdungsab-  
schätzung, Vollzug VVEA*

**Mots-clés :**

*décharges, estimation de la  
mise en danger, exécution  
OLED*

---

# Prefazione

L'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (OPSR; RS 814.600) è un'importante pietra miliare nella legislazione svizzera in materia di rifiuti. Rivista integralmente nel 2015, l'ordinanza rappresenta un passo innovativo dai contenuti coraggiosi. Comprende infatti i processi già consolidati e ulteriormente perfezionati, e al contempo, introduce nuove regole volte a preparare le basi per il futuro della gestione dei rifiuti in Svizzera.

La strategia alla base dell'ordinanza consiste nel considerare i rifiuti come una fonte di materie prime e quindi come parte di un ciclo di materiali di elevata qualità. L'esecuzione di questa ordinanza solleva però anche domande e pone le autorità dinnanzi a diverse sfide. Il presente aiuto all'esecuzione serve a far fronte e ad armonizzare questi compiti esecutivi, impegnativi ma di grande importanza.

L'aiuto all'esecuzione sull'OPSR è stato elaborato in collaborazione con i Cantoni, le associazioni di settore dell'economia e diversi uffici federali e possiede una struttura modulare: ogni modulo descrive le condizioni quadro che concretizzano un tema specifico (p. es. rifiuti edili, discariche, rendicontazione). Alcuni moduli sono ulteriormente suddivisi in parti tematiche. La pubblicazione è disponibile in formato elettronico in tedesco, francese e italiano all'indirizzo [www.bafu.admin.ch/esecuzione-opsr](http://www.bafu.admin.ch/esecuzione-opsr).

Il modulo «Discariche» tratta il deposito dei rifiuti non riciclabili negli impianti idonei a tal fine, le discariche appunto. Esso tematizza le questioni ambientali rilevanti per le discariche e la relativa gestione e promuove la certezza del diritto e l'uguaglianza giuridica per i detentori e gestori. L'UFAM ringrazia tutti coloro che hanno contribuito alla presente pubblicazione, in particolare i membri dei gruppi d'accompagnamento dei singoli moduli che si sono impegnati a elaborare soluzioni pratiche e realistiche, basate su valori empirici, per garantire l'adempimento dei requisiti del diritto ambientale nel settore delle discariche.

Karine Siegwart  
Vicedirettrice  
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)



# Valutazione della pericolosità delle discariche

Parte del modulo «Discariche» dell'aiuto all'esecuzione concernente l'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (ordinanza sui rifiuti, OPSR)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Ufficio federale dell'ambiente UFAM**

# Nota editoriale

## Valenza giuridica

La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza. Destinata in primo luogo alle autorità esecutive, essa concretizza le prescrizioni del diritto federale in materia ambientale (in merito a concetti giuridici indeterminati e alla portata e all'esercizio della discrezionalità) nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni sono conformi al diritto federale. Sono tuttavia ammesse anche altre soluzioni alternative, purché siano conformi al diritto vigente.

## Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

A partire dal documento «Konzept Einheitliche Gefährdungsabschätzung bei Deponien» (2013) elaborato da:

C. Niederer/C. Munz, Arcadis Schweiz AG

C. Poggendorf, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH

J. Zenger, CSD Ingenieure AG

## Autori

André Laube, divisione Rifiuti e materie prime (UFAM),

Christian Niederer (Arcadis Schweiz AG),

Jörg Zenger (CSD Ingenieure AG)

## Gruppo di accompagnamento

Benjamin Blumer (VBSA), Bernhard Brunner (Cercle déchets, Svizzera centrale), Satenig Chadoian (Divisione giuridica, UFAM), Pierre-Yves Donzel (CIRTD), Tensing Gammeter (Cercle déchets, Svizzera orientale/FL), André Laube (divisione Rifiuti e materie prime, UFAM [direzione]), Romy Scheidegger (divisione Rifiuti e materie prime, UFAM), Oliver Steiner (Cercle déchets, Svizzera nordoccidentale)

## Indicazione bibliografica

UFAM (ed.) 2019: Discariche. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1826

## Grafica

Firstbrand

## Grafica e impaginazione

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

## Foto di copertina

Pozzetto di controllo accessibile

© LAA, 2019

## Link per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uv-1826-i](http://www.bafu.admin.ch/uv-1826-i)

La versione cartacea non può essere ordinata.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese. La lingua originale è il tedesco.

© UFAM 2019



# Indice

|          |                                                                          |           |          |                                                              |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduzione</b>                                                      | <b>4</b>  | <b>6</b> | <b>Garanzia di qualità</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>2</b> | <b>Basi giuridiche e campo d'applicazione</b>                            | <b>5</b>  | <b>7</b> | <b>Elenchi</b>                                               | <b>24</b> |
| 2.1      | Autorizzazione d'esercizio e valutazione della pericolosità              | 5         | 7.1      | Figure                                                       | 24        |
| 2.2      | Monitoraggio della discarica                                             | 6         | 7.2      | Bibliografia                                                 | 24        |
| 2.3      | Immissione dell'acqua d'infiltrazione raccolta                           | 6         |          |                                                              |           |
| 2.4      | Manutenzione postoperatoria                                              | 6         |          |                                                              |           |
| <b>3</b> | <b>Nozioni di base sulla valutazione della pericolosità</b>              | <b>8</b>  |          | <b>Allegati</b>                                              | <b>26</b> |
| 3.1      | Classificazione                                                          | 8         | A-1      | Dati di base                                                 | 26        |
| 3.2      | Obiettivi                                                                | 8         | A-2      | Monitoraggio della discarica, parametri di analisi           | 27        |
| 3.3      | Ambito di osservazione                                                   | 11        | A-3      | Esame principale, matrice di valutazione                     | 30        |
| 3.4      | Svolgimento                                                              | 11        | A-3.1    | Criteri per le discariche di tipo B, selettivi per il tipo A | 32        |
|          |                                                                          |           | A-3.2    | Criteri per le discariche di tipo C, D, E                    | 38        |
|          |                                                                          |           | A-4      | Esame principale, criteri numerici                           | 46        |
|          |                                                                          |           | A-5      | Esame dettagliato, spiegazioni                               | 48        |
|          |                                                                          |           | A-6      | Analisi statistica dei dati                                  | 52        |
|          |                                                                          |           | A-7      | Contenuto della documentazione d'esame                       | 62        |
| <b>4</b> | <b>Fasi della valutazione della pericolosità</b>                         | <b>13</b> |          |                                                              |           |
| 4.1      | Informazioni iniziali necessarie                                         | 13        |          |                                                              |           |
| 4.2      | Esame preliminare                                                        | 13        |          |                                                              |           |
| 4.3      | Esame principale                                                         | 14        |          |                                                              |           |
| 4.4      | Esame dettagliato                                                        | 17        |          |                                                              |           |
| <b>5</b> | <b>Monitoraggio dell'acqua d'infiltrazione e delle acque sotterranee</b> | <b>20</b> |          |                                                              |           |
| 5.1      | Obiettivi del monitoraggio                                               | 20        |          |                                                              |           |
| 5.2      | Svolgimento delle misurazioni                                            | 20        |          |                                                              |           |
| 5.2.1    | Stazioni di misurazione                                                  | 20        |          |                                                              |           |
| 5.2.2    | Intervalli di misurazione                                                | 20        |          |                                                              |           |
| 5.2.3    | Campionamento, parametri analizzati, misurazione di portata              | 21        |          |                                                              |           |
| 5.3      | Analisi dei valori misurati durante l'esame principale                   | 21        |          |                                                              |           |
| 5.3.1    | Preparazione dei dati                                                    | 21        |          |                                                              |           |
| 5.3.2    | Interpretazione dei dati                                                 | 21        |          |                                                              |           |

---

# 1 Introduzione

La durata della manutenzione postoperatoria delle discariche deve essere limitata a un periodo accettabile. Dopo al massimo 50 anni non devono più essere necessari interventi attivi a protezione dell'ambiente come la manutenzione dei dispositivi tecnici di evacuazione delle acque e di captazione e smaltimento dei biogas. In riferimento al principale percorso di emissione, vale a dire l'acqua, ciò significa che una discarica chiusa definitivamente non deve produrre in maniera permanente effetti nocivi o molesti sulle acque sotterranee utilizzabili o utilizzate oppure sulle acque superficiali.

L'aiuto all'esecuzione mostra come deve essere effettuata una verifica delle discariche in relazione agli obiettivi menzionati, in modo da applicare una metodologia uniforme su scala nazionale. Le misure risultanti saranno così fondate su basi comparabili e gli accantonamenti finanziari per la manutenzione postoperatoria potranno essere stabiliti in maniera più affidabile e mirata.

Per quanto concerne l'esercizio successivo delle discariche messe in funzione prima dell'entrata in vigore dell'ordinanza sui rifiuti (OPSR; RS 814.600), l'autorità cantonale deve valutare entro il 31 dicembre 2020 se tali discariche e compartimenti minacciano l'ambiente nel momento presente o potrebbero minacciarlo nell'arco di 50 anni dalla loro chiusura definitiva. I detentori di simili discariche forniscono all'autorità le basi necessarie a tal fine. Un esercizio successivo è ammesso soltanto se, in linea con gli obiettivi dell'ordinanza sui siti contaminati (OSiti; RS 814.680), le minacce esistenti vengono eliminate e le minacce prevedibili vengono prevenute in maniera permanente mediante l'adozione di misure idonee.

La procedura in tre fasi per la valutazione della pericolosità si prefigge di limitare l'onere lavorativo, effettuando nel contempo una valutazione plausibile e affidabile. L'esame preliminare ha tra le altre cose lo scopo di riconoscere per tempo i casi non critici ed evitare ulteriori lavori di verifica. In questa prima fase non viene effettuata alcuna previsione sulle emissioni nel senso di una valutazione del rischio. Nell'ambito dell'esame principale, invece, si formulano riflessioni di tipo almeno qualitativo e semi-quantitativo sulle emissioni future e sul relativo

effetto sui beni da proteggere. Soltanto durante l'esame dettagliato vengono eseguite modellizzazioni delle emissioni. Le analisi condotte nella rispettiva fase di esame si basano sempre sui risultati della fase precedente e su ulteriori accertamenti.

## 2 Basi giuridiche e campo d'applicazione

### 2.1 Autorizzazione d'esercizio e valutazione della pericolosità

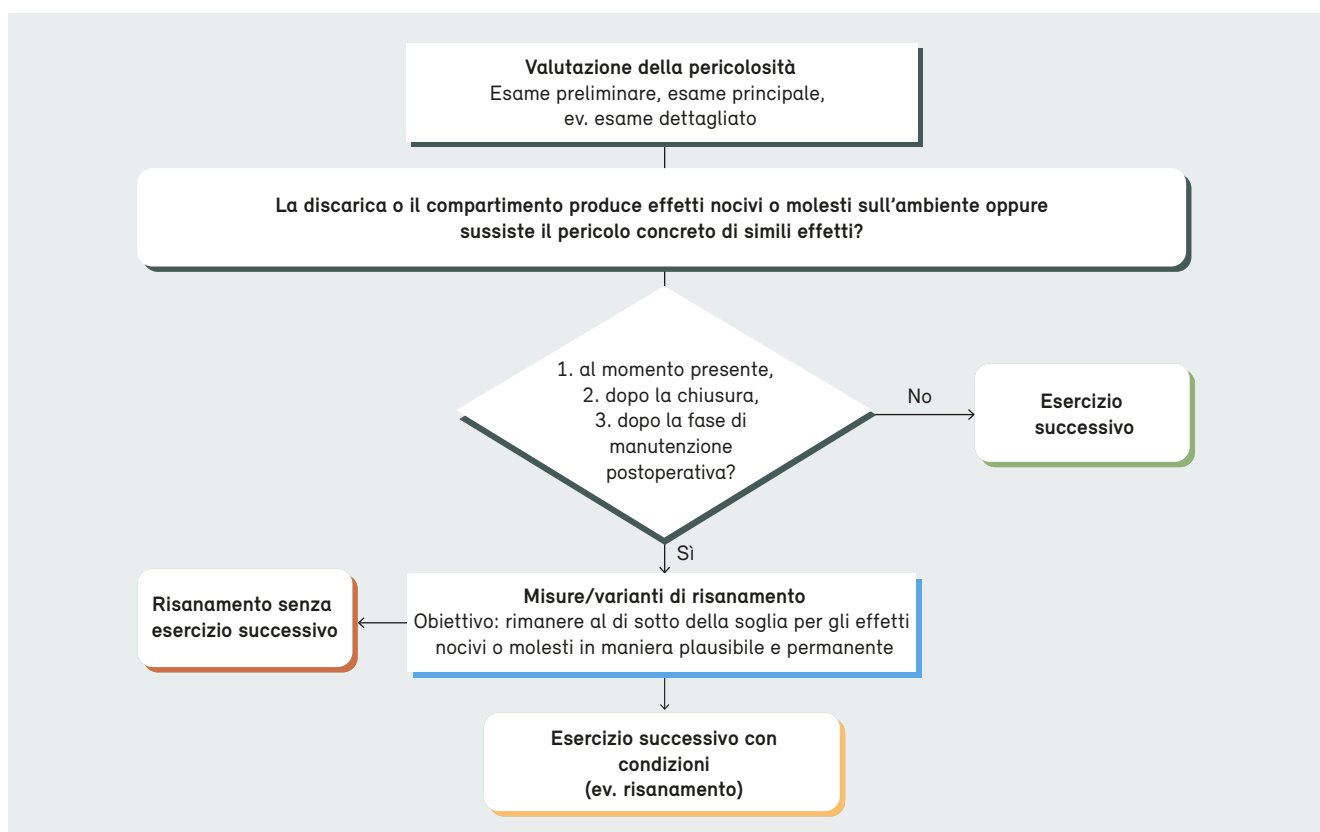
Chi intende gestire una discarica dev'essere in possesso di un'autorizzazione dell'autorità cantonale secondo l'articolo 30e capoverso 2 della legge del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (LPAmb; RS 814.01). L'autorizzazione d'esercizio di una discarica è limitata dall'autorità cantonale a un periodo massimo di cinque anni. Prima di rinnovarla, l'autorità verifica se la discarica soddisfa ancora tutti i presupposti per l'autorizzazione.

Le discariche messe in funzione prima dell'entrata in vigore dell'ordinanza del 4 dicembre 2015 sulla prevenzione o lo smaltimento dei rifiuti (ordinanza sui rifiuti, OPSR; RS 814.600) possono rimanere in esercizio se soddisfano i requisiti dell'OPSR per la concessione di un'autorizzazione d'esercizio entro e non oltre il 31 dicembre 2020. Al massimo entro tale data le discariche devono essere valutate dall'autorità cantonale per stabilire se la discarica o i compartimenti hanno effetti nocivi o molesti sull'ambiente o se tali effetti possono presumibilmente manifestarsi nell'arco di 50 anni dalla loro chiusura defi-

Figura 1

#### Valutazione della pericolosità come base decisionale

*I risultati della valutazione della pericolosità costituiscono la base per la decisione sull'esercizio successivo nel caso di discariche messe in funzione prima dell'entrata in vigore dell'OPSR secondo l'articolo 53 capoverso 2 OPSR. Se per la discarica esiste già un'analisi preliminare secondo l'OSiti (nessun caso normale), la si può tenere in considerazione per la valutazione della pericolosità discussa in questa sede.*



nitiva. L'autorità deve valutare la pericolosità utilizzando le basi fornite dai detentori della discarica interessata. Se sono attualmente presenti effetti nocivi o molesti o se sussiste il pericolo concreto di simili effetti, la discarica deve essere messa fuori servizio finché non sia garantito che è stata risanata secondo gli obiettivi dell'ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (OSiti; RS 814.680). Se allo stato attuale non esistono simili effetti ma i risultati della valutazione della pericolosità indicano che durante l'esercizio successivo e nell'arco di 50 anni dalla chiusura definitiva della discarica questa avrà effetti nocivi o molesti sull'ambiente o quantomeno esiste un pericolo concreto in tal senso, si devono adottare misure corrispondenti per prevenire tali effetti in modo permanente. La verifica e l'aggiornamento della valutazione della pericolosità elaborata nell'ambito dell'autorizzazione d'esercizio da rinnovare ogni cinque anni consentono di adattare in modo mirato, come necessario, la copertura dei costi per la manutenzione postoperativa.

#### **Discariche esistenti chiuse prima della fine del 2020**

Per le discariche che saranno chiuse prima del 31 dicembre 2020, che quindi non riceveranno più rifiuti e per le quali sarà applicata la chiusura definitiva della superficie, occorre sottoporre all'autorità cantonale, per approvazione, un progetto di chiusura secondo l'articolo 42 OPSR. In tale contesto bisogna anche chiarire se siano eventualmente necessarie misure per prevenire effetti dannosi o molesti delle discariche sull'ambiente (art. 42 cpv. 2 lett. c OPSR). Una valutazione della pericolosità può risultare senz'altro utile in tal senso.

#### **Discariche già in fase di manutenzione postoperativa**

Per le discariche che si trovano già nella fase di manutenzione postoperativa può essere opportuna una valutazione della pericolosità. Qui è determinante in quale forma l'autorità cantonale ha già disciplinato la manutenzione postoperativa e quali adattamenti sono quindi possibili.

## **2.2 Monitoraggio della discarica**

Con un monitoraggio regolare delle acque sotterranee e dell'acqua d'infiltrazione eventualmente raccolta da una discarica è possibile determinare se la discarica

ha effetti nocivi sull'ambiente. I detentori della discarica sono responsabili di tale monitoraggio. Il genere di monitoraggio dipende anche dal tipo di discarica. L'articolo 41 OPSR prevede che almeno due volte all'anno siano prelevati campioni ed effettuate analisi delle acque sotterranee e dell'acqua d'infiltrazione raccolta, in modo da ottenere serie temporali significative dai risultati delle analisi. Le acque sotterranee devono essere analizzate se la situazione idrogeologica rende necessario un monitoraggio per la protezione delle acque. Se possibile, devono essere previste tre stazioni di misurazione delle acque sotterranee a valle e una a monte della discarica (art. 41 cpv. 3 OPSR). Anche i dispositivi di captazione e smaltimento dei biogas presenti nelle discariche devono essere controllati regolarmente. Inoltre, i gas della discarica devono essere analizzati almeno due volte all'anno fino al termine del periodo d'esercizio (art. 53 cpv. 5 OPSR).

## **2.3 Immissione dell'acqua d'infiltrazione raccolta**

Secondo l'allegato 3.3 numeri 1 e 25 dell'ordinanza del 28 ottobre 1998 sulla protezione delle acque (OPAc; RS 814.201), l'autorità competente fissa caso per caso le esigenze relative all'immissione dell'acqua d'infiltrazione raccolta in un ricettore naturale o nella canalizzazione pubblica tenendo conto delle caratteristiche specifiche delle acque di scarico, dello stato della tecnica e dello stato delle acque del ricettore naturale. Essa tiene conto delle norme internazionali o nazionali, delle direttive pubblicate dall'UFAM o delle norme elaborate dal settore in collaborazione con l'UFAM. Se l'autorità cantonale non emana direttive di diverso tenore, l'acqua d'infiltrazione eventualmente raccolta deve rispettare almeno le esigenze menzionate nell'allegato 3.3 numero 25 OPAc.

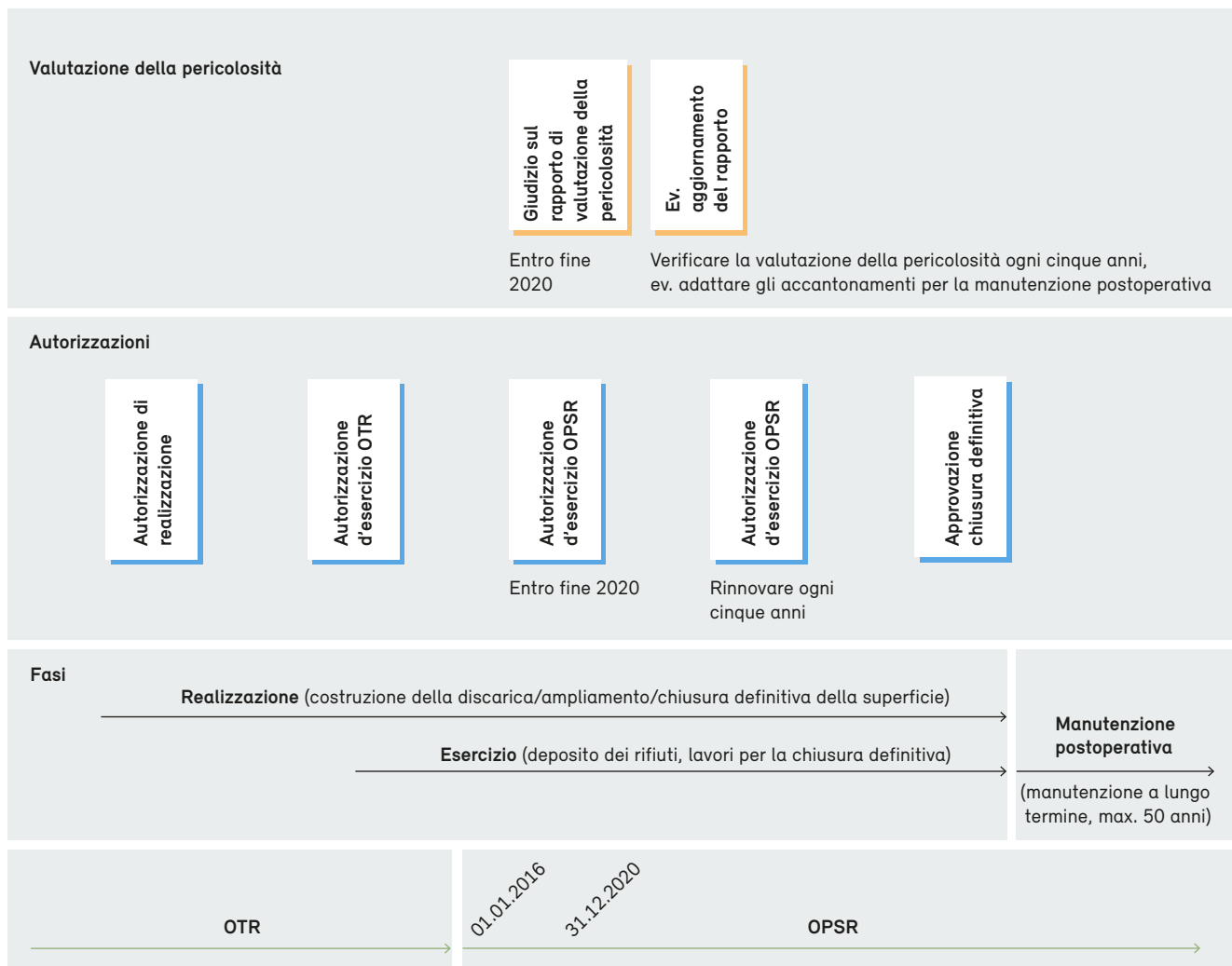
## **2.4 Manutenzione postoperativa**

La fase di manutenzione postoperativa indica il monitoraggio a lungo termine della discarica e dell'area circostante come anche la manutenzione a lungo termine dei dispositivi tecnici necessari in una discarica a norma di legge per prevenire le emissioni incontrollate. Durante la fase di manutenzione postoperativa i detentori della

Figura 2

**Fasi temporali di una discarica**

Alla fase di realizzazione (= fase di costruzione) e alla fase d'esercizio con il deposito dei rifiuti e la chiusura definitiva delle opere di costruzione relative alla discarica segue la fase di manutenzione postoperativa. I lavori per la chiusura definitiva fanno parte della fase d'esercizio. Per le discariche la cui fase d'esercizio termina prima del 31 dicembre 2020 può essere utile una valutazione della pericolosità nell'ambito dell'approvazione dei lavori per la chiusura definitiva (art. 42 cpv. 2 lett. c OPSR).



discarica devono garantire secondo l'articolo 43 capoverso 2 OPSR che i dispositivi tecnici continuino a soddisfare i requisiti di legge e siano sottoposti a controlli e manutenzione e che le acque sotterranee (se necessario), l'acqua d'infiltrazione raccolta e i gas della discarica vengano monitorati.

Tra gli obblighi di manutenzione postoperativa rientra anche la sorveglianza per cinque anni della fertilità del suolo in superficie della discarica. In caso di carenze

occorre introdurre le misure corrispondenti per eliminarle.

Secondo l'articolo 32b LPAmb, per le discariche deve essere garantita la copertura dei costi per la chiusura, gli interventi ulteriori e il risanamento mediante accantonamento, assicurazione o in altro modo. Una prova corrispondente costituisce il presupposto per il rilascio dell'autorizzazione per l'esercizio (art. 40 cpv. 1 lett. c OPSR).

## 3 Nozioni di base sulla valutazione della pericolosità

### 3.1 Classificazione

I requisiti dell'OPSR per l'ubicazione delle discariche, i rifiuti depositabili in discarica e le emissioni controllate hanno lo scopo di prevenire nella misura del possibile una minaccia per l'ambiente derivante dalle discariche. La verifica della situazione di pericolosità in tutte le discariche in funzione serve a mostrare dove tale obiettivo non è ancora stato raggiunto, anche in un'ottica di più lungo periodo. Con le basi fornite dai detentori delle discariche, elaborate secondo un metodo uniforme, viene messa a disposizione dell'autorità cantonale competente la necessaria base di valutazione.

Utilizzando i risultati della valutazione della pericolosità, l'autorità cantonale dovrà decidere le misure eventualmente necessarie per le discariche esistenti e per il loro esercizio successivo. La valutazione della pericolosità deve fornire risultati concludenti in tal senso. Occorre valutare se, ed eventualmente come, nel momento presente, durante e dopo la fine della fase di manutenzione postoperativa si può escludere il pericolo di effetti nocivi o molesti dovuti alla discarica.

In tale contesto sono rilevanti le conoscenze sia sullo stato e lo sviluppo prevedibile delle opere di costruzione relative alla discarica sia sulle emissioni da questa prodotte. La valutazione della pericolosità come valutazione differenziata del pericolo per l'ambiente si concentra sui criteri principali di potenziale dell'inquinante, potenziale di trasmissione e importanza ed esposizione dei beni da proteggere esistenti. A partire dalla documentazione della discarica devono essere eseguite le relative analisi con un grado di accertamento progressivo (esame preliminare, principale e dettagliato). Segue quindi la valutazione dei risultati delle indagini, da un lato in riferimento al grado e al periodo di pericolosità e dall'altro in rapporto alla realizzabilità di una durata accettabile della manutenzione postoperativa.

La manutenzione delle opere di costruzione non deve più essere necessaria dopo la fase di manutenzione postoperativa, senza che ciò determini effetti nocivi sull'ambiente o il pericolo concreto di simili effetti. Si deve infatti poter partire dal presupposto che entro la fine della fase di manutenzione postoperativa i rifiuti depositati, tramite processi naturali (reazioni chimiche, decomposizione microbica, dilavamento ecc.) o eventualmente per effetto di misure attive (recupero dell'acqua d'infiltrazione, aerobizzazione, decontaminazione ecc.), abbiano assunto una forma tale da escludere effetti nocivi o molesti anche dopo la degradazione o il venir meno delle misure tecniche di circoscrizione, eventualmente anche per merito della capacità di ritenzione naturale lungo l'ulteriore via di contaminazione.

### 3.2 Obiettivi

Con la valutazione della pericolosità, l'autorità deve disporre di una base di valutazione per verificare se la discarica o i compartimenti possono avere effetti nocivi o molesti sull'ambiente nel momento presente o nell'arco di 50 anni dalla chiusura definitiva. Servono una valutazione dello stato attuale e una previsione plausibile e comprensibile che consentano all'autorità competente di:

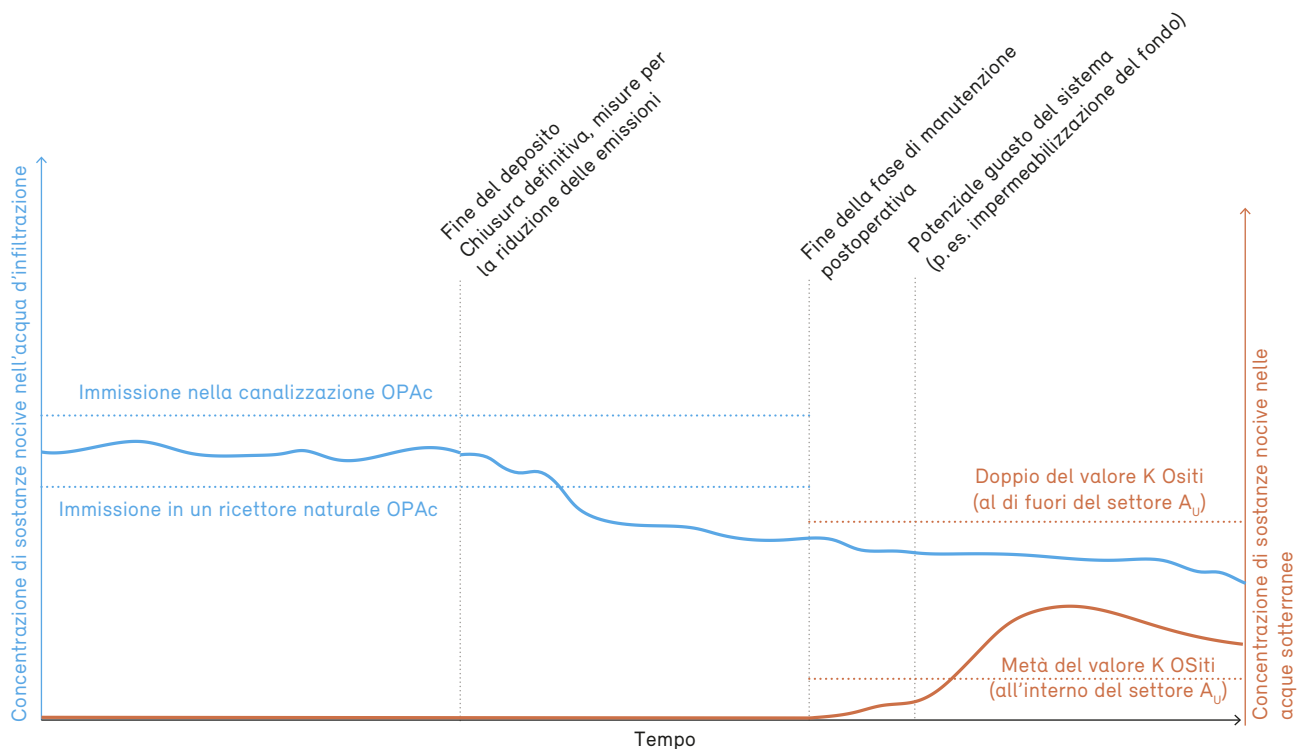
- formulare una previsione sullo stato dei sistemi tecnici fino al termine del periodo d'esercizio e della fase di manutenzione postoperativa;
- prevedere l'andamento delle emissioni della discarica (luogo in cui si manifestano, quantità e caratteristiche) e
- valutare gli effetti delle emissioni sull'ambiente (trasformazione delle sostanze nocive al di fuori della discarica, sensibilità alle emissioni dell'area circostante la discarica).



Figura 3

**Possibile inquinamento delle acque in corrispondenza della discarica (schema)**

Fase d'esercizio (raccolta e immissione controllata dell'acqua d'infiltrazione contaminata nella canalizzazione), fase di manutenzione postoperatoria (prosecuzione dell'immissione controllata [p. es. fino alla durata minima della manutenzione postoperatoria] e calo della contaminazione dell'acqua d'infiltrazione), rottura del sistema (p. es. occasionale contaminazione delle acque sotterranee con acqua d'infiltrazione senza che le concentrazioni di sostanze provenienti dal sito superino il doppio di un valore di concentrazione dell'OSiti [valore  $K^1$ ]).



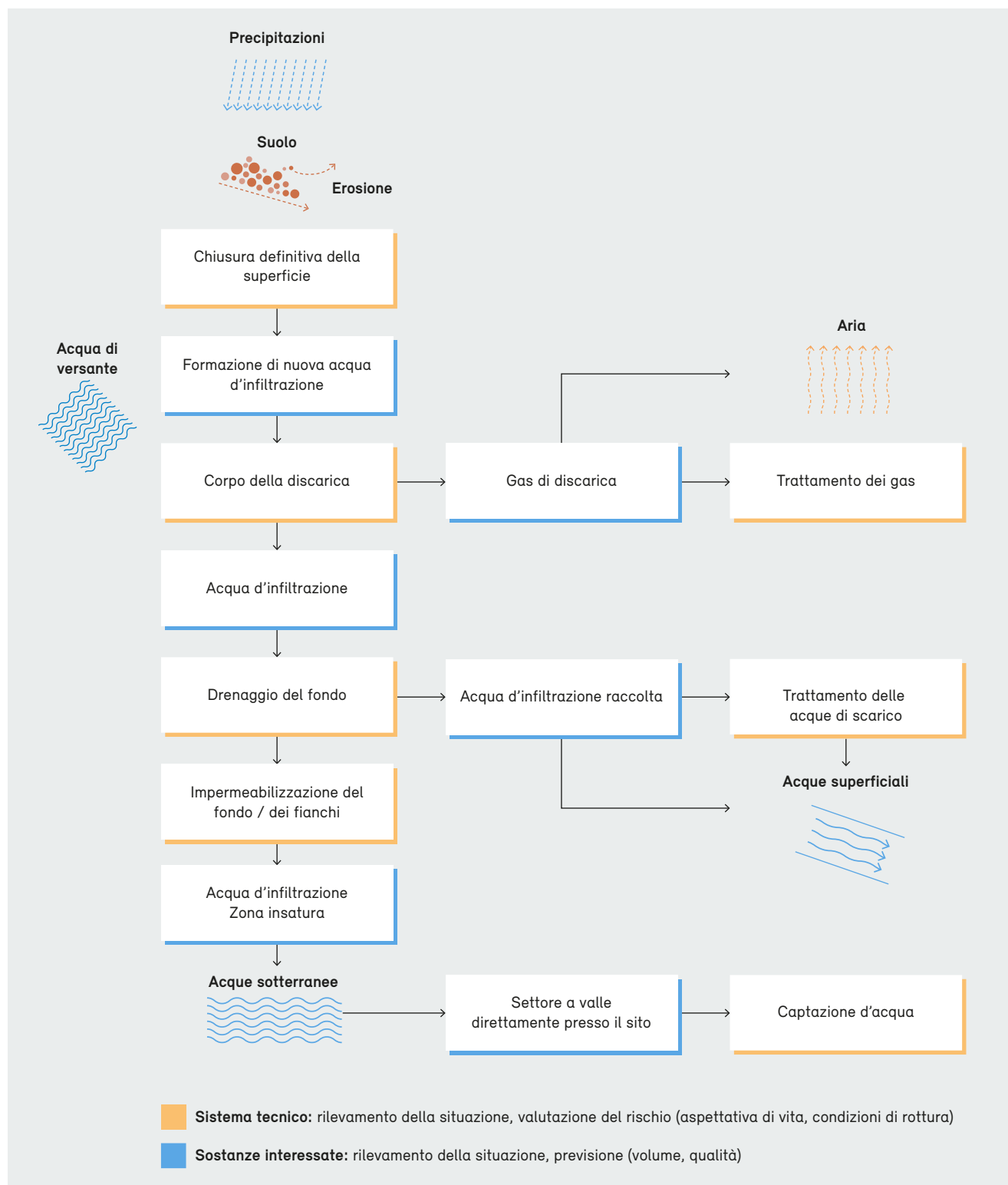
Fase d'esercizio

Fase di manutenzione  
postoperatoria  
(max. 50 anni)Osservazione orientata alle sostanze,  
valutazione orientata alle emissioniOsservazione orientata agli obiettivi,  
valutazione orientata alle immissioni

1 Per la valutazione degli effetti dei siti inquinati sulle acque, l'ordinanza sui siti contaminati (OSiti) fissa dei valori di concentrazione, i cosiddetti valori  $K$ .

Figura 4

Struttura modello di una discarica



### 3.3 Ambito di osservazione

L'ambito di osservazione della valutazione della pericolosità si basa su una struttura modello dei principali elementi di una discarica e delle sostanze corrispondenti che attraversano o lasciano eventualmente la discarica attraverso il percorso dell'acqua e del gas.

### 3.4 Svolgimento

La valutazione della pericolosità si suddivide in tre fasi che si differenziano per il grado di accertamento e che non sono indispensabili in tutti i casi. Con questa procedura è possibile limitare l'onere lavorativo, ottenendo nel contempo una valutazione plausibile e affidabile. Le analisi previste nella rispettiva fase si basano sui risultati della fase precedente.

- 1) Nell'esame preliminare gli accertamenti si concentrano sul rilevamento dello stato della discarica al fine di poter descrivere e valutare l'ubicazione, l'inventario dei rifiuti, il sistema tecnico e le emissioni della discarica.

**Obiettivo:** *identificare le discariche con e senza evidenze di criticità.*

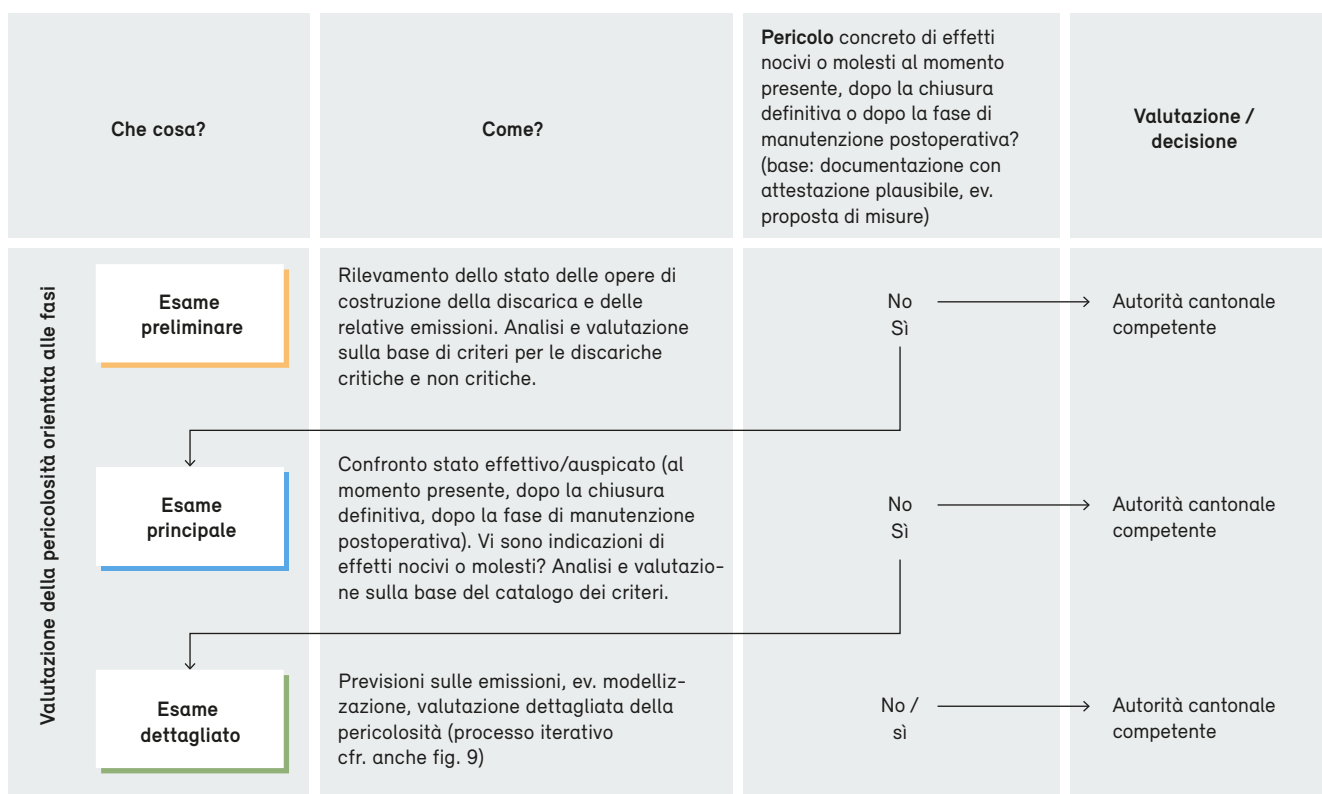
- 2) Per l'esame principale occorre valutare informazioni più dettagliate concernenti l'inventario dei rifiuti, il sito, la struttura e lo stato dei sistemi tecnici, il regime idrico, l'ambiente circostante la discarica e i risultati del monitoraggio disponibili. Per la valutazione conclusiva è essenziale un sopralluogo nella discarica.

**Obiettivo:** *identificare gli elementi critici che allo stato attuale, dopo la chiusura definitiva o possibilmente dopo la fine della fase di manutenzione postoperatoria mettono in dubbio l'esistenza di condizioni rispettose dell'ambiente (esame qualitativo e semi-quantitativo).*

Figura 5

#### Procedura in tre fasi per la valutazione della pericolosità

Le fasi d'esame (analisi, valutazione e documentazione plausibile) sono eseguite in linea di principio da periti.



---

3) L'esame dettagliato è una perizia con accertamenti e previsioni approfondite basati su modellizzazioni semi-quantitative.

**Obiettivo:** *effettuare una valutazione quantitativa dettagliata degli elementi critici individuati nell'esame principale, incluse previsioni semi-quantitative per il periodo dopo la fine della fase di manutenzione postoperativa.*

L'esame preliminare include da un lato criteri positivi giustificati in modo plausibile e che devono essere rispettati cumulativamente e, dall'altro, criteri di esclusione che rendono necessario un esame principale delle discariche (cfr. cap. 4.2).

In conclusione, la discarica viene sottoposta a una valutazione complessiva orientata alle fasi, focalizzata sul possibile pericolo per l'ambiente e sulla fase di manutenzione postoperativa. Per ogni elemento della struttura modello (fig. 4) occorre procedere a una valutazione sulla base di descrizioni semplici e standardizzate.

Nell'ambito dell'esame dettagliato (qualora non sia stato possibile valutare la discarica con l'esame preliminare o principale) i singoli sistemi tecnici sono valutati in riferimento alla probabilità di rottura e agli effetti di una simile rottura, mentre le sostanze sono valutate in rapporto all'evoluzione attesa della loro quantità e delle loro caratteristiche (inquinamento da sostanze nocive ecc.).

## 4 Fasi della valutazione della pericolosità

### 4.1 Informazioni iniziali necessarie

Per l'elaborazione delle tre fasi d'esame sono richieste informazioni di volta in volta diverse, la cui entità e il cui grado di dettaglio aumentano con il progredire delle singole fasi d'esame. L'allegato A-1 illustra le informazioni di base disponibili essenzialmente in virtù degli obblighi previsti dalla vecchia ordinanza tecnica del 10 dicembre 1990 (OTR) sui rifiuti e necessarie ai fini dell'esame preliminare, ossia per la differenziazione tra casi critici e non critici.

Centrale per l'esecuzione della valutazione della pericolosità è una solida conoscenza della discarica e delle relative condizioni limite spaziali (ubicazione, clima, (idro) geologia, utilizzazioni nell'area circostante ecc.), così come dell'inventario dei rifiuti, dei dispositivi tecnici della discarica e dell'organizzazione del suo funzionamento. Servono idee chiare in relazione all'impostazione tecnica della discarica dopo la chiusura definitiva dell'attività di deposito.

Sono inoltre indispensabili i risultati delle analisi già condotte sull'acqua d'infiltrazione eventualmente raccolta (all. A-2 e A-4), sui gas di discarica, sulle acque sotterranee e sulle emissioni nell'area circostante la discarica.

Con le direttive per i programmi di monitoraggio secondo l'allegato A-2 si può garantire che siano messe a disposizione basi di dati uniformi e comparabili per i diversi tipi di discarica. Entro il termine per l'inoltro della documentazione di analisi è necessario eseguire e presentare analisi e misurazioni sufficienti condotte su tale base (preferibilmente con almeno sei serie di misurazioni).

In caso di informazioni di diversa qualità, queste devono essere tenute in considerazione nella valutazione della documentazione di base:

- *documentazione di base completa: attendibilità elevata,*

- *documentazione di base lacunosa: attendibilità media,*
- *documentazione di base incompleta: attendibilità ridotta.*

### 4.2 Esame preliminare

Occorre partire dal presupposto che le discariche o i compartimenti, se sono stati realizzati dopo il 1° febbraio 1996 o se ne è stata autorizzata l'ulteriore gestione dopo tale data, soddisfano i requisiti della vecchia OTR in tema di ubicazione, dispositivi tecnici necessari per esempio per l'impermeabilizzazione, l'evacuazione delle acque, la captazione e lo smaltimento dei biogas nonché la chiusura definitiva<sup>2</sup>.

Sono considerati non critici le discariche e i compartimenti che con elevata probabilità non hanno ad oggi effetti nocivi o molesti sull'ambiente né ne avranno nell'arco di 50 anni dalla chiusura definitiva della discarica.

Le discariche di tipo A sono classificabili come caso non critico sulla base dell'inventario dei rifiuti. Anche tali discariche devono però soddisfare in maniera cumulativa i criteri elencati qui di seguito (nelle discariche di versante la stabilità del corpo della discarica o la stabilità del terreno potrebbero presentare delle criticità). Se una discarica di tipo A presenta la necessità di un esame principale, occorrerà considerare in maniera selettiva i criteri elencati nell'allegato A-3.1 in linea con i requisiti meno rigorosi previsti dall'OPSR per il tipo A rispetto al tipo B.

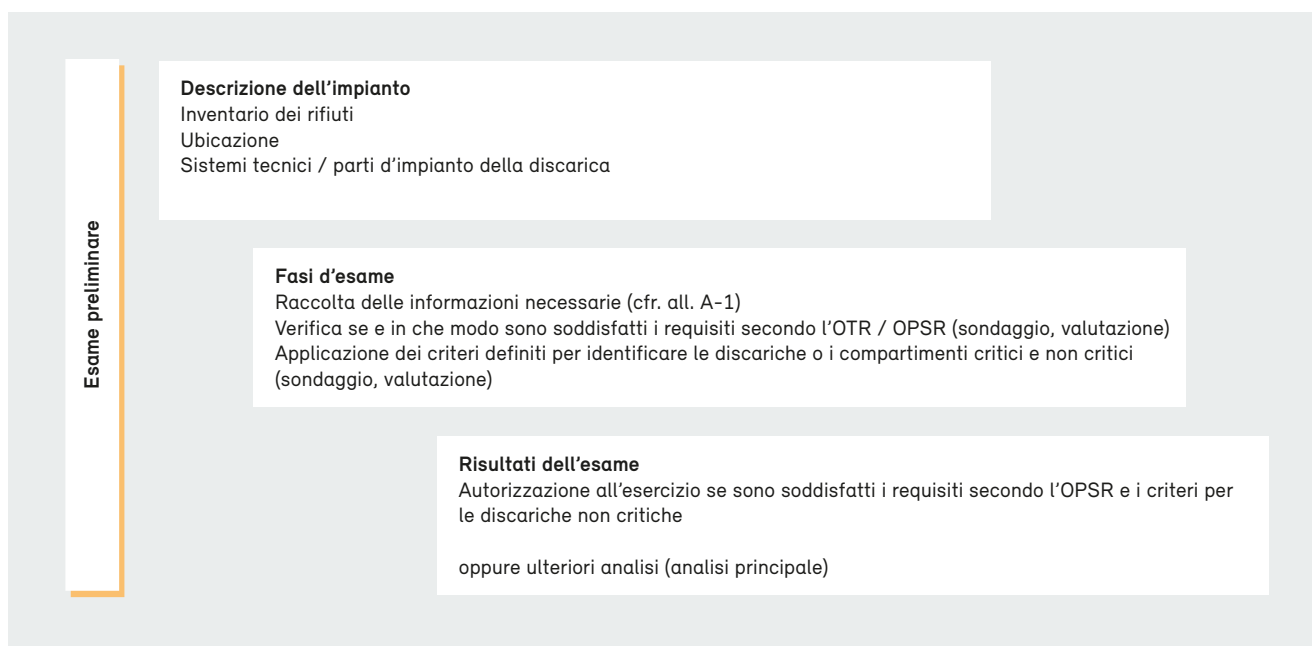
I criteri seguenti indicano che ci si trova di fronte a un caso non critico. Essi devono essere soddisfatti in maniera cumulativa e si riferiscono a discariche e compartimenti.

- *Il contenuto della discarica è e rimane stabile a livello chimico/biologico (è dimostrato che presenta meno del 5 % di rifiuti combustibili e/o biodegradabili).*

<sup>2</sup> Cfr. l'articolo 52 OTR del 10 dicembre 1990 (stato al 1° aprile 1996): Ulteriore gestione di una discarica esistente.

Figura 6

## Svolgimento dell'esame preliminare



- *Nel perimetro della discarica e nella zona a valle fino a 2000 metri<sup>3</sup> non sono presenti captazioni di acque sotterranee di interesse pubblico o falde sotterranee utilizzabili collegate (quest'ultimo criterio non si applica alle discariche di tipo A).*
  - *La contaminazione dell'acqua d'infiltrazione soddisfa i requisiti per l'immissione in un ricettore naturale secondo l'OPAc già durante l'esercizio della discarica.*
  - *La discarica non produce emissioni gassose (non sono riconoscibili indizi della formazione di gas).*
  - *È dimostrata la stabilità del terreno e del corpo della discarica.*
  - *La discarica contiene rifiuti depositati prima del 1990.*
  - *La discarica contiene più del 5 per cento di rifiuti combustibili o biodegradabili.*
  - *Si tratta di una discarica reattore, un compartimento reattore o un compartimento per scorie secondo l'OTR (quindi risalente all'epoca dell'OTR) che non presenta alcuna impermeabilizzazione del fondo o dei fianchi, alcun sistema di evacuazione delle acque o un sistema solo rudimentale.*
  - *La discarica si trova in una zona esposta a pericoli naturali (scivolamenti, colate detritiche, caduta di massi, piene).*
  - *Il livello massimo delle acque sotterranee si trova a meno di 2 metri dal fondo della discarica.*
  - *La discarica si trova su un terreno carsico o caratterizzato da rocce fortemente fessurate.*
  - *Il terreno o il corpo della discarica non è stabile.*
- Se è soddisfatto uno dei criteri di esclusione seguenti, non si può escludere la presenza di un caso critico e occorre eseguire un esame principale. I criteri di esclusione si riferiscono a discariche e compartimenti.

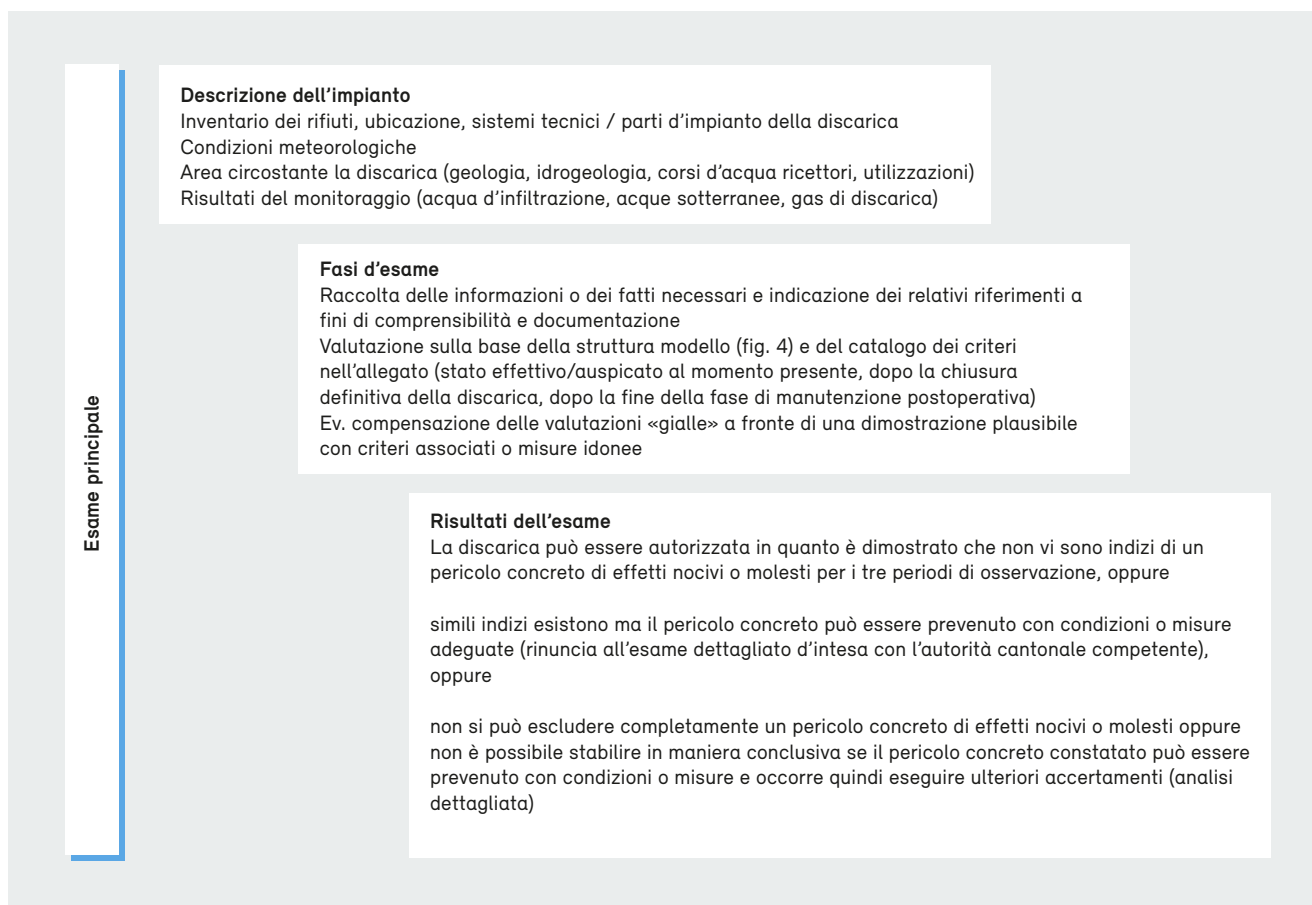
<sup>3</sup> Valutazione: i valori K delle sostanze nocive più mobili (rappresentanti di VCHC, BTEX e MTBE) secondo l'OSiti si muovono nell'intervallo µg/l a due cifre, mentre il limite di quantificazione è pari a 0,1 µg/l. Sussiste un bisogno di risanamento se viene attestata la presenza di simili composti in una captazione di acque sotterranee di interesse pubblico. Come approssimazione si può utilizzare un fattore di diluizione di 100; per una simile diluizione occorre una distanza di circa 2000 metri dalla captazione di acque sotterranee.

### 4.3 Esame principale

Rispetto all'esame preliminare, nell'esame principale vengono valutati ulteriori aspetti della discarica, dell'acqua d'infiltrazione e degli effetti sull'ambiente. Se applican-

Figura 7

## Svolgimento dell'esame principale



do i criteri elencati negli allegati A-3.1/A-3.2 emergono indicazioni di effetti sull'ambiente, si procede a una valutazione «gialla» (da discutere), altrimenti la valutazione sarà «verde» (positiva). La procedura è spiegata più dettagliatamente nell'allegato A-3.

Un criterio valutato come «giallo» non indica necessariamente un pericolo per i beni da proteggere. I criteri valutati come «gialli» possono essere discussi in combinazione con quelli valutati come «verdi» a condizione che uno specialista fornisca una motivazione comprensibile e fondata. Se una valutazione «gialla» non viene attenuata in modo plausibile da altri criteri o misure mirate e non è possibile escludere un pericolo concreto di effetti nocivi o molesti causati dalla discarica, occorrerà svolgere un esame dettagliato. Particolarmente rilevanti sono i criteri scritti in rosso e contrassegnati con un asterisco (cfr.

all. A-3.1/A-3.2), la cui valutazione richiede un'attenzione specifica da parte dei periti e delle autorità ai fini di un'effettiva garanzia della qualità dell'intera valutazione della pericolosità.

Sulla base dei settori problematici identificati nella discarica, dei risultati delle misurazioni delle emissioni ed eventualmente delle previsioni sulle emissioni, si possono proporre condizioni e misure volte a ridurre o prevenire le emissioni.

Criteri importanti dell'esame principale riguardano le concentrazioni di sostanze nocive nell'acqua d'infiltrazione e nelle acque sotterranee a valle della discarica. Le concentrazioni vanno determinate per mezzo di campionamenti rappresentativi e successivamente tramite analisi chimiche. Le concentrazioni di sostanze nocive misura-



te sono valutate nell'ambito dell'esame principale sulla scorta di criteri numerici che derivano innanzitutto dai requisiti dell'OPAc e dell'OSiti e dai relativi aiuti all'esecuzione. Tali criteri di valutazione sono basati sul rischio e per determinati parametri sono stati giustamente adattati per poter essere utilizzati come criteri di selezione in relazione all'entità delle analisi per le diverse situazioni considerate (stato attuale, dopo la chiusura definitiva della discarica, dopo la fine della fase di manutenzione postoperativa) (cfr. all. A-4: Criteri, rimandi e basi).

Se dall'esame principale completo emerge una valutazione «verde» per tutti i criteri, si può ritenere in linea di principio che la discarica possa essere autorizzata. Se dall'esame principale risultano criteri valutati come «gialli» che possono però essere attenuati in maniera dimostrabile e plausibile da criteri «verdi» associati o da misure idonee, d'intesa con l'autorità cantonale si

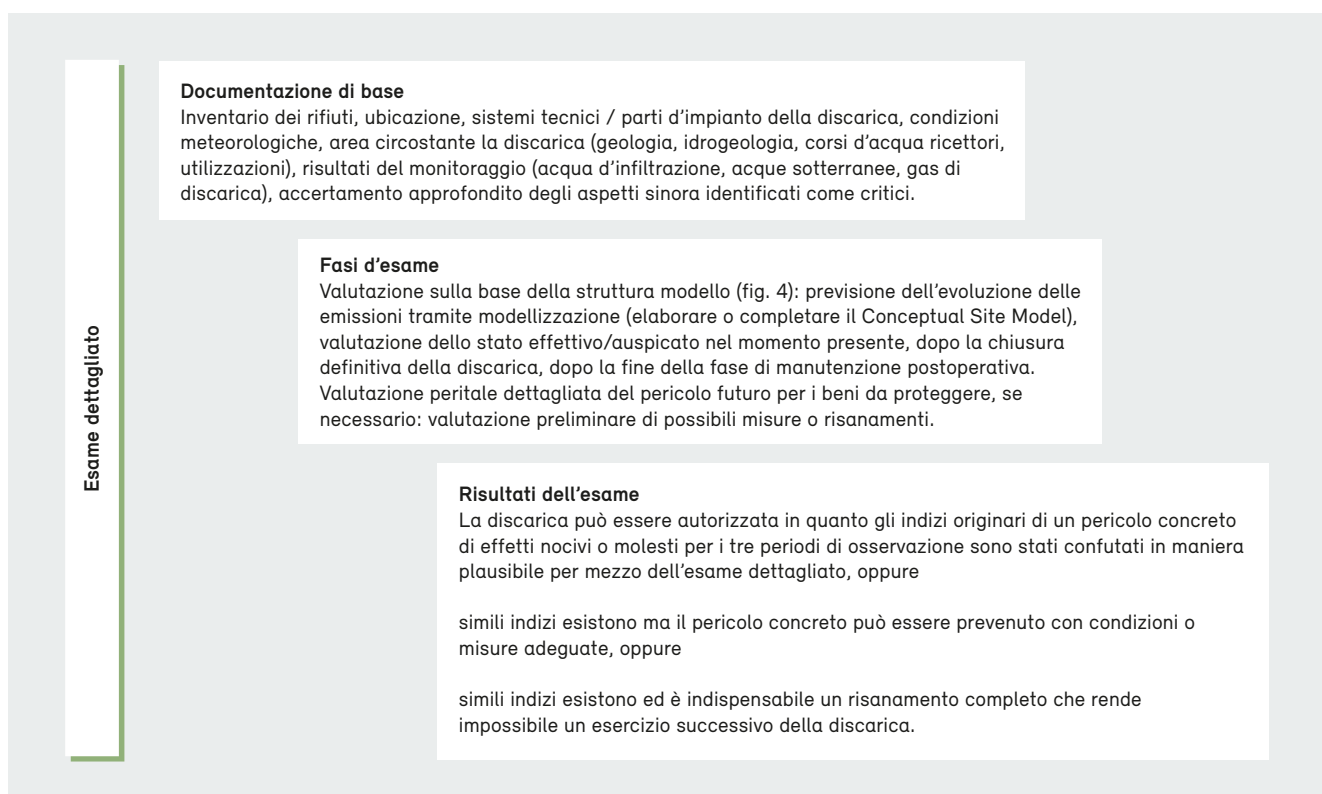
potrà eventualmente rinunciare a un esame dettagliato. A seconda dei casi l'autorità definirà quindi condizioni specifiche per l'esercizio successivo della discarica.

Se dopo l'esame principale rimangono criteri con valutazione «gialla» giudicata non «attenuabile» o non compensabile, non si potranno escludere effetti sull'ambiente causati dalla discarica nell'immediato o in futuro. In tal caso la discarica non può essere autorizzata o può esserlo soltanto con condizioni di risanamento, prestando particolare attenzione ai criteri dominanti contrassegnati in rosso o con un asterisco. Gli accertamenti approfonditi eventualmente necessari e la valutazione conclusiva saranno effettuati nell'ambito dell'esame dettagliato.

**Figura 8**

#### **Svolgimento dell'esame dettagliato**

*Occorre approfondire gli aspetti valutati come critici in relazione alla pericolosità nell'esame principale ed effettuare ulteriori accertamenti al riguardo, eventualmente anche un'osservazione per compartimenti.*



## 4.4 Esame dettagliato

L'obiettivo della valutazione della pericolosità a livello di esame dettagliato è prevedere l'evoluzione delle emissioni della discarica per diverse situazioni che si verificheranno in futuro (caratteristiche, quantità, luogo in cui si manifestano, andamento nel tempo).

Le discariche sono sistemi complessi che il più delle volte presentano anche un inventario dei rifiuti molto eterogeneo. A seconda delle caratteristiche dei rifiuti si dovranno mettere in conto percorsi di flusso preferenziali dell'acqua d'infiltrazione. Anche per tale ragione è praticamente impossibile formulare previsioni precise sull'evoluzione dell'inquinamento da sostanze nocive. Si tratta piuttosto di stimare se in presenza di determinati sviluppi del sistema globale della discarica sia realistico non attendersi alcun effetto nocivo o molesto dopo la fase di manutenzione postoperativa. Per prevedere il comportamento futuro della discarica occorre definire possibili scenari, come per esempio la probabilità di rottura dei sistemi tecnici, e pronosticare le relative conseguenze sui beni da proteggere eventualmente interessati.

### Struttura della valutazione della pericolosità – livello dell'esame dettagliato

La figura 9 mostra una possibile procedura per l'esame dettagliato di una discarica. Ogni discarica va considerata come un caso a sé stante. Il perito crea un modello concettuale opportuno per il sito («Conceptual Site Model»<sup>4</sup>), identifica i processi rilevanti e per mezzo di ipotesi e scenari adeguati (eventi di rischio) stima il potenziale di pericolo durante la fase di manutenzione postoperativa e successivamente ad essa.

Sono possibili anche casi in cui le emissioni nel bene da proteggere, pur rivestendo un ruolo secondario, presentano per esempio problematiche centrali legate alla stabilità a lungo termine del corpo della discarica.

La valutazione della pericolosità in senso stretto si basa sulle fasi descritte di seguito, laddove i componenti del

sistema sono già stati considerati almeno in parte nel precedente esame principale.

### Potenziale dell'inquinante e parametri indicativi

In questa fase si devono valutare il potenziale dell'inquinante e le caratteristiche del corpo della discarica rilevanti per le emissioni:

- allestimento dell'inventario dei rifiuti per compartimenti, sulla base delle informazioni disponibili;
- selezione dei parametri indicativi sulla base delle analisi disponibili dell'acqua d'infiltrazione o, se non disponibili, dell'inventario dei rifiuti;
- stima della quota residua di sostanze organiche biodegradabili.

### Valutazione tecnica dei componenti del sistema

I componenti del sistema sono integrati nella valutazione già nelle fasi di esame preliminare (all. A-1) ed esame principale (all. A-2, A-3 e A-4). Nell'esame dettagliato vengono quantificate in aggiunta le probabilità di rottura dei componenti, ricavando possibili scenari (eventi di rischio) per l'acqua d'infiltrazione e le perdite di acqua d'infiltrazione in termini di quantità e durata.

### Previsione sulle emissioni

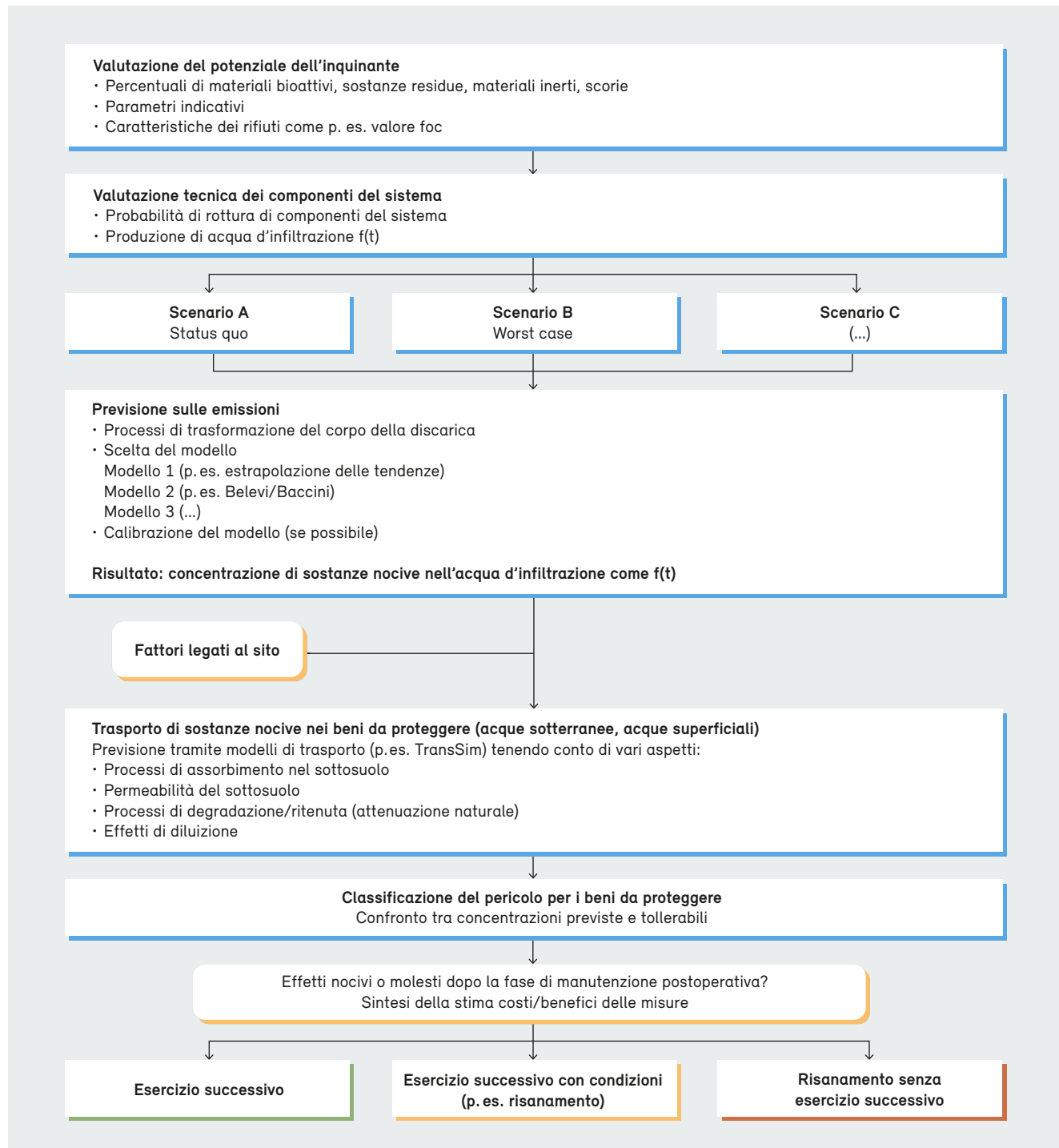
In questa fase viene elaborata una previsione dell'evoluzione temporale delle concentrazioni dei parametri indicativi nell'acqua d'infiltrazione in funzione degli scenari definiti (cfr. fig. 9). In tale contesto, in condizioni di sistema invariate (quantità di acqua d'infiltrazione, pH ecc.), sono possibili estrapolazioni delle tendenze basate sui dati disponibili dell'acqua d'infiltrazione. In condizioni di sistema variabili o in mancanza di dati si dovrà ricorrere ad altri approcci modello.

Le analisi dell'acqua d'infiltrazione e delle acque sotterranee forniscono ulteriori indicazioni sulle sostanze nocive rilevanti e sul loro potenziale di trasmissione.

<sup>4</sup> Un «Conceptual Site Model» è dinamico e il suo sviluppo è iterativo. Si basa sui risultati progressivi delle analisi, supporta la definizione dell'ordine di priorità delle analisi e permette di focalizzare l'attenzione sulle sostanze e sulle vie di diffusione che appaiono rilevanti per i rischi e per il pericolo (cfr. [www.epa.gov](http://www.epa.gov)).

Figura 9

Procedura di valutazione della pericolosità a livello di esame dettagliato (processo iterativo)



---

### **Trasporto di sostanze nocive**

Il processo di trasporto dell'acqua d'infiltrazione nel bene da proteggere dipende fortemente dalla situazione (idro) geologica presente sul posto nonché, in caso di immissione in un corso d'acqua ricettore, dalle caratteristiche di quest'ultimo (effetti di diluizione). A monte del bene da proteggere sono possibili processi di attenuazione naturale<sup>5</sup> (p.es. assorbimento o degradazione nella zona non satura) che riducono le emissioni di sostanze nocive nel bene da proteggere.

### **Classificazione della pericolosità**

Le concentrazioni calcolate di sostanze nocive (come funzione del tempo) nel bene da proteggere vengono confrontate con le concentrazioni tollerabili nell'ambiente.

### **Valutazione complessiva**

La valutazione della pericolosità evidenzia la necessità di mettere in conto effetti nocivi o molesti sull'ambiente durante l'esercizio successivo, dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione post-operativa. Partendo dal risultato della valutazione della pericolosità viene presa una decisione in merito all'esercizio successivo. Sulla base dei settori problematici identificati nella discarica e dei risultati delle previsioni sulle emissioni, vengono proposti provvedimenti volti a ridurre o prevenire le emissioni. I provvedimenti proposti sono giudicati validi alla luce di una considerazione dei costi/benefici che tiene conto anche della portata finanziaria degli eventi di rischio e della probabilità del loro verificarsi. Per maggiori spiegazioni si veda l'allegato A-5 Esame dettagliato.

<sup>5</sup> Designazione per i processi di degradazione e ritenuta che si svolgono in maniera naturale nel sottosuolo e che rallentano o riducono la propagazione di sostanze nocive.

## 5 Monitoraggio dell'acqua d'infiltrazione e delle acque sotterranee

### 5.1 Obiettivi del monitoraggio

Con il monitoraggio previsto dall'OPSR delle acque sotterranee e dell'acqua d'infiltrazione raccolta di una discarica si verifica se allo stato attuale la discarica ha effetti nocivi sull'ambiente. Nella valutazione della pericolosità secondo la presente strategia occorre anche determinare quali sono le emissioni attese nelle acque sotterranee e superficiali durante e dopo la fase di manutenzione post-operativa e se queste danno luogo a un pericolo. Non è dunque rilevante soltanto la situazione attuale. Poiché la decisione in merito all'esercizio successivo della discarica si basa sui risultati della valutazione della pericolosità, occorre garantire (anche nell'interesse del gestore della discarica) che per tali analisi sia disponibile un monitoraggio con dati rappresentativi su un periodo sufficientemente lungo. A tal fine i dati esistenti del monitoraggio devono essere integrati, ove necessario, con misurazioni supplementari.

Prima dell'inizio di un periodo di monitoraggio il perito presenta al servizio specializzato cantonale un programma di monitoraggio che tiene conto dei requisiti pertinenti per la sorveglianza del relativo tipo di discarica e nel quale è indicato dove posizionare e come configurare le stazioni di misurazione, la durata del monitoraggio, il numero di campionamenti e i parametri da analizzare, che sono sostanzialmente i parametri secondo l'allegato A-2. Il servizio specializzato cantonale stabilisce gli obiettivi del monitoraggio. Tali direttive devono essere tenute in considerazione nei monitoraggi esistenti, normalmente definiti insieme all'autorizzazione d'esercizio.

### 5.2 Svolgimento delle misurazioni

#### 5.2.1 Stazioni di misurazione

È necessario accertare se l'acqua d'infiltrazione della stazione di misurazione soggetta a campionamento rappresenta di volta in volta un compartimento o se è acqua mista proveniente da diversi compartimenti.

Secondo l'aiuto all'esecuzione «Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten» [13], le stazioni di misura piezometrica per il campionamento delle acque sotterranee dovrebbero essere ubicate «immediatamente a valle» della discarica. È inoltre richiesto almeno un piezometro a monte.

Se immediatamente a valle della discarica non sono presenti acque sotterranee captabili, si dovrà verificare un possibile influsso della discarica sulla qualità delle acque sotterranee più a valle.

Ove possibile, dovranno essere prelevati campioni anche dalle acque chiare (acqua d'infiltrazione e acque sotterranee captate e deviate tutt'attorno alla discarica). In tal modo si potranno individuare precocemente i trasferimenti indesiderati di sostanze nocive dalle acque di scarico contaminate al sistema di acqua non inquinata della discarica.

#### 5.2.2 Intervalli di misurazione

I parametri determinanti secondo l'allegato A-2 Monitoraggio della discarica devono essere di norma misurati nell'acqua d'infiltrazione e, se presenti, nelle acque sotterranee nell'area circostante la discarica per un periodo minimo di tre anni e almeno due volte all'anno. A tal fine si possono tenere in considerazione le serie temporali esistenti.

Per i parametri che non richiedono una serie temporale sul lungo periodo (PCB, IPA ecc.) sono sufficienti due o tre misurazioni a distanza di un anno.

Le misurazioni devono essere effettuate in periodi con diversa produzione di acqua d'infiltrazione, per esempio dopo delle precipitazioni o dopo un periodo prolungato di siccità. Le condizioni meteorologiche al momento del campionamento devono essere riportate nel verbale di campionamento. I prelievi di campioni delle acque sotterranee devono riprodurre le variazioni stagionali delle acque sotterranee. Secondo queste direttive, il monito-

raggio di una discarica per la valutazione della pericolosità dovrebbe durare tre o quattro anni. Naturalmente si dovrà tenere conto delle serie temporali già esistenti.

### 5.2.3 Campionamento, parametri analizzati, misurazione di portata

Per il prelievo di campioni dell'acqua d'infiltrazione e delle acque sotterranee valgono in linea di massima i requisiti definiti nell'aiuto all'esecuzione «Probenahme von Grundwasserproben bei belasteten Standorten» [13]. I parametri da misurare sul posto (temperatura, conduttività elettrica, valore pH e tenore di ossigeno) vengono determinati durante il campionamento per mezzo di strumenti calibrati.

Nel caso di campioni di acqua torbida, dalla filtrazione non deve risultare alcuna perdita di sostanze nocive. Per tali campioni (torbidità >5 FNU<sup>6</sup>), in aggiunta ai campioni d'acqua filtrati secondo le direttive dell'aiuto all'esecuzione [7], occorre dunque determinare anche il tenore complessivo di un campione non filtrato.

Per poter calcolare i carichi inquinanti, la portata o il deflusso dell'acqua d'infiltrazione devono essere misurati in corrispondenza delle relative stazioni di misurazione almeno al momento del campionamento.

Per la valutazione del comportamento della discarica e dell'evoluzione delle concentrazioni occorre determinare i carichi inquinanti e le relative tendenze.

## 5.3 Analisi dei valori misurati durante l'esame principale

### 5.3.1 Preparazione dei dati

La serie di dati di analisi completata secondo il capitolo 4.2 in relazione all'acqua d'infiltrazione e alle acque sotterranee costituisce la base per la valutazione della pericolosità. Per prima cosa occorre preparare tali dati: oltre al rilevamento dello stato attuale della discarica, le serie di dati su più anni permettono di effettuare analisi delle tendenze per ciò che concerne l'evoluzione futura delle concentrazioni di sostanze nocive.

La qualità e quantità dei dati di analisi dell'acqua d'infiltrazione e delle acque sotterranee possono variare notevolmente in funzione della discarica. Per ottenere risultati affidabili occorre dunque una solida analisi statistica dei dati. A tal fine nell'allegato A-6 vengono presentati alcuni strumenti statistici.

### 5.3.2 Interpretazione dei dati

L'allegato A-4 mette a disposizione criteri numerici per l'acqua d'infiltrazione e le acque sotterranee al fine di valutare i dati relativi alle sostanze nocive preparati secondo l'allegato A-6. Un'emissione incontrollata non metterà necessariamente in pericolo un bene da proteggere anche se tali valori orientativi dovessero essere superati. Tuttavia, sarà compito del perito accertare in maniera fondata l'entità di tali superamenti, unitamente ad altre caratteristiche specifiche della discarica.

Di seguito sono illustrate brevemente le riflessioni concernenti la determinazione dei criteri numerici.

### Acqua d'infiltrazione

In linea di principio, la presente strategia riprende nell'allegato A-4 i requisiti per l'immissione di acqua d'infiltrazione secondo l'OPAc (all. 3.2 n. 2 e all. 3.3 n. 25 OPAC) quale criterio per la valutazione dell'acqua d'infiltrazione. Per le sostanze nocive per le quali l'OPAc non definisce alcun valore numerico, la strategia prevede il criterio di selezione di dieci volte il valore K<sup>7</sup> secondo l'OSiti. Ciò viene motivato come segue:

- l'acqua d'infiltrazione può penetrare nelle acque sotterranee a causa di una possibile rottura dell'impermeabilizzazione del fondo. In un sito modello sviluppato per la presente strategia, l'acqua d'infiltrazione captata che raggiunge le acque sotterranee nella zona della discarica viene diluita con un fattore di circa 5-15. Poiché, secondo i principi applicati alla determinazione dei valori K, quelli dell'OSiti corrispondono a un valore per l'acqua potabile fondato a livello tossicologico, il rispetto del requisito per le acque sotterranee immediatamente a valle della discarica può essere fondamentalmente garantito con un criterio di dieci volte il valore K nell'acqua d'infiltrazione. Nell'esame princi-

<sup>6</sup> FNU = Formazine Nephelometric Units. Per poter misurare la torbidità in maniera comparabile, si utilizza la formazina come liquido standard.

<sup>7</sup> Per la valutazione degli effetti dei siti inquinati sulle acque, l'ordinanza sui siti contaminati (OSiti) fissa dei valori di concentrazione, i cosiddetti valori K.

pale il perito deve considerare le condizioni realmente prevalenti nel sito.

- Anche se attualmente l'acqua d'infiltrazione viene depurata per mezzo di un impianto di trattamento delle acque di scarico, si deve prevedere che dopo la fine della fase di manutenzione postoperatoria questa sarà immessa nelle acque superficiali senza alcun trattamento. Con un fattore di diluizione minimo tra l'acqua d'infiltrazione e il corso d'acqua ricettore pari a 10 è possibile garantire in linea di massima la qualità dell'acqua potabile nel corso d'acqua ricettore; per molti corsi d'acqua ricettori, un fattore di diluizione di 10 è un valore conservativo. Il perito ha il compito di confrontare i carichi inquinanti effettivi con i deflussi effettivi nel corso d'acqua ricettore rilevante.

Nelle acque superficiali è rilevante in particolare anche la protezione della biocenosi acquatica. Per tale ragione si definiscono valori massimi per la somma degli idrocarburi clorurati e non clorurati (cfr. all. A-4). Inoltre, il fattore di dieci volte il valore K quale criterio di valutazione non vale per i pesticidi (in particolare gli erbicidi) e i relativi metaboliti.

In presenza di bassi valori di diluizione tra l'acqua d'infiltrazione e il corso d'acqua ricettore, il perito è tenuto ad accertare il pericolo per gli organismi acquatici.

### **Acque sotterranee**

Nelle acque sotterranee si applica di norma, quale criterio numerico dell'esame principale, il 10 per cento del valore K secondo l'OSiti. Nel caso di ioni inorganici come il cloruro o il solfato, si utilizza quale base di valutazione la metà del valore indicativo delle «Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee» [14] (cfr. all. A-4). Tali composti a bassa tossicità servono a valutare l'influsso della discarica sulle acque sotterranee: se l'impermeabilizzazione del fondo è intatta, la presenza della discarica non deve essere percepibile nelle acque sotterranee.

Secondo l'OPSR, le discariche di tipo A e B non necessitano di alcuna impermeabilizzazione del fondo. In genere, le discariche di tipo B sono ubicate su una barriera geologica naturale integrata o su uno strato poco permeabile. Per la classificazione dei valori delle acque sotterranee in

questi tipi di discarica sono rilevanti le esigenze relative alle acque sotterranee utilizzate come acqua potabile o previste a tale scopo (all. 2 n. 22 OPAC) nonché i valori indicativi per la qualità delle acque sotterranee secondo [14].

---

## 6 Garanzia di qualità

Le valutazioni della pericolosità nell'ambito dell'esame preliminare, principale e dettagliato richiedono da un lato una considerazione obiettiva e indipendente dello stato delle installazioni e degli effetti esistenti e previsti sull'ambiente. Dall'altro, le relazioni contrattuali di lungo corso tra il gestore della discarica e il perito sono la dimostrazione che il perito possiede preziose conoscenze dettagliate sulla situazione locale e dispone di un accesso importante alla documentazione di base della discarica.

Le misure di garanzia della qualità servono a garantire che:

- *la valutazione della pericolosità da parte del perito **soddisfi le esigenze tecniche e formali;***
- *le valutazioni siano rappresentate in modo **obiettivo, comprensibile, verificabile e plausibile;***
- *le basi per la pianificazione della manutenzione post-operativa delle diverse discariche siano **confrontabili.***

I detentori delle discariche e il servizio specializzato cantonale competente si impegnano ad assicurare la dovuta garanzia di qualità nella valutazione della pericolosità.

L'autorità competente attribuirà particolare importanza ai criteri corredati di asterisco (criteri di valutazione evidenziati in rosso e dotati di un asterisco) ai fini di un'effettiva qualità della valutazione della pericolosità da intraprendere.

Per garantire una presentazione uniforme di tutti i dati per la valutazione della pericolosità, il contenuto del rapporto conclusivo deve orientarsi all'allegato 7. Ciò permetterà di confrontare più facilmente le basi di valutazione di diverse discariche.



# 7 Elenchi

## 7.1 Figure

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b>                                                                                 | <b>5</b>  |
| Valutazione della pericolosità come base decisionale                                            |           |
| <b>Figura 2</b>                                                                                 | <b>7</b>  |
| Fasi temporali di una discarica                                                                 |           |
| <b>Figura 3</b>                                                                                 | <b>9</b>  |
| Possibile inquinamento delle acque in corrispondenza della discarica (schema)                   |           |
| <b>Figura 4</b>                                                                                 | <b>10</b> |
| Struttura modello di una discarica                                                              |           |
| <b>Figura 5</b>                                                                                 | <b>11</b> |
| Procedura in tre fasi per la valutazione della pericolosità                                     |           |
| <b>Figura 6</b>                                                                                 | <b>14</b> |
| Svolgimento dell'esame preliminare                                                              |           |
| <b>Figura 7</b>                                                                                 | <b>15</b> |
| Svolgimento dell'esame principale                                                               |           |
| <b>Figura 8</b>                                                                                 | <b>16</b> |
| Svolgimento dell'esame dettagliato                                                              |           |
| <b>Figura 9</b>                                                                                 | <b>18</b> |
| Procedura di valutazione della pericolosità a livello di esame dettagliato (processo iterativo) |           |

## 7.2 Bibliografia

[1]  
UFAM, CSD Ingenieure AG, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH, BMG Engineering AG (2013): Nachsorge und Gefährdungsabschätzung. – Kurzbericht zum Anwendungstest. Kurzbericht des Projektteams vom 12.8.2013 (non pubblicato).

[2]  
UFAM (2007): Sicherung von Deponie-Altlasten. Stand der Technik, Grenzen und Möglichkeiten. Pratica ambientale, UV-0720-D.

[3]  
UFAM (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Pratica ambientale, UV-1005-D.

[4]  
UFAM (2015): Sorveglianza dei siti inquinati. Pratica ambientale Siti contaminati, UV-1505-I.

[5]  
UFAM (2012): Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser. Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung von Deponiesickerwasser. Pratica ambientale, UV-1223-D.

[6]  
UFAM (2012): TransSim versione 2.0 (2012): Mathematisches Simulationsmodell zur Abschätzung des Schadstofftransportes in der ungesättigten Zone bis zum Eintritt in das Grundwasser.

[7]  
UFAM (2017): Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich. Pratica ambientale, UV-1715-D.

**[8]**

UFAM (2013): Calcolo dei valori di concentrazione e dei valori limite per i materiali solidi. Aiuto all'esecuzione relativo all'ordinanza tecnica sui rifiuti e all'ordinanza sui siti contaminati. Pratica ambientale, UV-1333-I.

**[9]**

UFAM (2018): Beurteilung von belasteten Standorten über Karstgrundwasser. Pratica ambientale. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Indagine sui siti inquinati». UV-1821-D.

**[10]**

UFAM (2014): Rapporto esplicativo concernente la revisione totale dell'ordinanza tecnica sui rifiuti OTR. – Rif. N093-1290, 5.3.2014.

**[11]**

UFAM (2018): Necessità di risanamento nonché obiettivi e urgenza di un risanamento. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Indagine sui siti inquinati». Pratica ambientale, UV-1828-I.

**[12]**

UFAFP (2003): Grundwasser-Probenahme, Praxishilfe. Pratica ambientale, VU-2506-D.

**[13]**

UFAFP (2003): Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten. Pratica ambientale, VU-3413-D.

**[14]**

UFAFP (2004): Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee. Pratica ambientale, VU-2508-I.

**[15]**

CSD Ingenieure AG, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH, BMG Engineering AG (2013): Konzept Einheitliche Gefährdungsabschätzung bei Deponien. Rapporto all'attenzione dell'UFAM, non pubblicato.

**[16]**

Hirschmann, G., Förstner, U. (2000): Langzeitverhalten von Schlackedeponien. TU Hamburg-Harburg, Deponietechnik 2000, Verlag Abfall Aktuell, Stoccarda.

**[17]**

Krümpelbeck, I. (2000): Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien. Bergische Universität, 2000.

**[18]**

Laner, D., Fellner, J., Brunner, P.H. (2010): Beurteilung von Deponieemissionen in Anbetracht der Nachsorgedauer. TU Wien. DepoTech 2010.

**[19]**

Laner, D., Fellner, J., Brunner, P.H. (2011): Standortbezogene Kriterien zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Deponieemissionen unter dem Aspekt der Nachsorgedauer. Technische Universität Wien, Projekt Skudena, Schlussbericht.

**[20]**

SIA: Deponiebau. – Norma SIA 203, SN 531203: 2016 Zurigo.

# Allegati

## A-1 Dati di base (da raccogliere a partire dall'esame preliminare)

| INFORMAZIONI DI BASE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | RIFERIMENTO                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <i>Rapporto concernente l'impatto sull'ambiente</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Art. 1 e all. n. 40.4, 40.5 OEIA                              |
| <i>Indagini geotecniche e calcoli di assestamento. Indagini geologiche e idrogeologiche / prove relative al sito</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | All. 2 n. 1 OTR / all. 2 n. 1.2.4 OPSR                        |
| <i>Progetto di costruzione (impermeabilizzazione, evacuazione delle acque, captazione e smaltimento dei biogas, sistemazione per fasi, chiusura definitiva)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Art. 24 OTR / artt. 39, 40 cpv. 2 e 42 OPSR                   |
| <i>Autorizzazione di realizzazione (tipo di discarica, restrizioni all'utilizzazione dopo la chiusura definitiva, altre restrizioni)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Art. 25 OTR / art. 39 OPSR                                    |
| <i>Esecuzione(/documentazione) di impermeabilizzazione, evacuazione delle acque, captazione e smaltimento dei biogas, chiusura definitiva</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | All. 2 n. 2 OTR / all. 2 n. 2 OPSR e norma SIA 203 Deponiebau |
| <i>Autorizzazione d'esercizio (regolamento operativo, controllo dei dispositivi tecnici per verificare impermeabilizzazione/evacuazione delle acque/captazione e smaltimento dei biogas, elenco dei lavori da realizzare per la chiusura definitiva e manutenzione postoperativa necessaria nell'ambito della prova della piena copertura dei relativi costi, eventuali limitazioni dei rifiuti ammessi, controlli da eseguire durante e dopo l'esercizio, lavori di manutenzione e documentazioni, altre restrizioni)</i> | Artt. 26 e 27 OTR / artt. 40 OPSR e 32b LPAmb                 |
| <i>Elenco delle quantità dei diversi rifiuti che sono stati depositati &gt; una volta all'anno all'autorità. Documentazione del riempimento e avanzamento della discarica. Regolari controlli e manutenzione dei dispositivi tecnici per l'evacuazione delle acque, per la captazione e lo smaltimento dei biogas e per il controllo della falda freatica. Due volte all'anno: analisi dei campioni d'acqua sotterranea e dell'acqua di scarico. Misure necessarie dopo la chiusura delle singole fasi.</i>                | Art. 34 OTR / artt. 6 e 41 OPSR                               |
| <i>Inventario dei diversi rifiuti che sono stati depositati, per esempio differenziazione in base al tipo e al periodo: rifiuti prima del 1991, dal 1991 al 2000, dal 2000 al 2010, dal 2010 (modifiche dell'OTR concernenti l'ammissione dei rifiuti), dal 2016 (OPSR)</i>                                                                                                                                                                                                                                                | Artt. 23 e 34 OTR                                             |
| <i>Discariche per sostanze residue: documentazione delle zone d'incorporazione dei singoli rifiuti</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Art. 35 OTR                                                   |
| <i>Discariche reattore: analisi dei gas di discarica du volte all'anno</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art. 36 OTR / art. 53 cpv. 5 OPSR                             |
| <i>Sorveglianza da parte del Cantone (due volte all'anno, esercizio e dispositivi tecnici prescritti)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Art. 28 OTR                                                   |
| <i>Eventuali indagini tecniche e storiche secondo l'OSiti</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Art. 7 OSiti                                                  |

## A-2 Monitoraggio della discarica, parametri di analisi

| ACQUA D'INFILTRAZIONE                                             | ACQUE SOTTERRANEE                                     |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Parametri misurati sul posto/indicatori                           |                                                       |
| pH                                                                | pH                                                    |
| Conduttività                                                      | Conduttività                                          |
| Potenziale di ossidoriduzione                                     | Potenziale di ossidoriduzione                         |
| COD (richiesta chimica di ossigeno)                               | —                                                     |
| Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup>             | Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup> |
| Ossigeno                                                          | Ossigeno                                              |
| DOC (carbonio organico disciolto)                                 | DOC (carbonio organico disciolto)                     |
| BOD <sub>5</sub> (richiesta biochimica di ossigeno) <sup>1)</sup> | —                                                     |
| Quantità di acqua d'infiltrazione                                 | Superficie della falda freatica                       |
| Torbidità <sup>2)</sup>                                           | Torbidità <sup>2)</sup>                               |
| Temperatura                                                       | Temperatura                                           |
| Proprietà organolettiche (odore, aspetto, colore)                 | —                                                     |
| Sostanze nocive inorganiche                                       |                                                       |
| Ammonio                                                           | Ammonio                                               |
| Boro                                                              | Boro                                                  |
| Nitrito                                                           | Nitrito                                               |
| Nitrato                                                           | Nitrato                                               |
| Cloruro                                                           | Cloruro                                               |
| Bromuro <sup>3)</sup>                                             | —                                                     |
| Solfato                                                           | Solfato                                               |
| Fosfato <sup>4)</sup>                                             | —                                                     |
| Cianuro (libero)                                                  | Cianuro (libero) <sup>5)</sup>                        |
| Metalli                                                           | Metalli                                               |
| Sostanze nocive organiche                                         |                                                       |
| Composti organici volatili (COV) (EPA 524)                        | Composti organici volatili (COV) (EPA 524)            |
| HC C <sub>5</sub> –C <sub>10</sub>                                | HC C <sub>5</sub> –C <sub>10</sub>                    |
| HC C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub>                               | HC C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> <sup>5)</sup>     |
| PAH                                                               | PAH <sup>5)</sup>                                     |
| PCB                                                               | PCB <sup>5)</sup>                                     |
| Fenoli <sup>6)</sup>                                              | Fenoli <sup>6)</sup>                                  |

### Possibilità di rilevare sostanze organiche in tracce (da valutare caso per caso, all'occorrenza misura d'orientamento)

Bisfenolo A, ftalati, alchilfenoli (soprattutto nonilfenolo)

Altri composti sconosciuti: screening tramite GC-MS

Effetti ecotossicologici generali: biosaggi con alghe, dafnie, batteri  
fotogeni (cfr. spiegazioni nel testo principale)

<sup>1)</sup> Secondo l'allegato 3.3 numero 25 OPAC, rilevante per l'immissione in un ricettore naturale. Nella pratica si preferisce misurare la COD.

<sup>2)</sup> Nel caso di campioni di acqua torbida, dalla filtrazione non deve risultare alcuna perdita di sostanze nocive. Con una torbidità >5 FNU occorre dunque determinare in aggiunta il tenore complessivo di un campione non filtrato.

<sup>3)</sup> Negli impianti di depurazione con ozonizzazione, il bromuro si trasforma in bromato che è ecotossico e rilevante per l'utilizzo dell'acqua potabile. Il bromuro può provenire dall'acqua d'infiltrazione delle discariche con residui della combustione provenienti da IIRU.

<sup>4)</sup> Soltanto nel caso di immissioni in specchi d'acqua.

<sup>5)</sup> Campionamento iniziale e prelievo casuale di campioni; un campionamento periodico è necessario soltanto se il parametro viene rilevato nell'acqua d'infiltrazione.

<sup>6)</sup> Fenoli: occorre determinare la concentrazione di alchilfenoli.

### Informazioni di base sui parametri di analisi

I parametri di analisi definiti nel presente allegato comprendono in linea di principio i parametri rilevanti nel settore dei rifiuti prodotti dall'industria e dall'artigianato e dei rifiuti urbani. Tali parametri mettono a disposizione informazioni sull'inventario dei rifiuti, in particolare anche laddove le conoscenze in merito a singoli carichi di rifiuti sono lacunose. Inoltre, soprattutto i parametri mobili servono ad analizzare le informazioni sul comportamento della discarica: se per esempio la concentrazione di solfati nelle acque sotterranee a valle aumenta sensibilmente, ciò indica una fuoriuscita di acqua d'infiltrazione. In tal caso il perito deve trarre le debite conclusioni in riferimento al pericolo al termine della fase di manutenzione postoperativa. Va però detto che il solfato di per sé non costituisce praticamente alcuna minaccia per il bene da proteggere.

Di seguito sono presentati aspetti rilevanti che riguardano alcuni dei parametri di monitoraggio richiesti.

#### Ammonio e nitrito

Concentrazioni elevate di ammonio e nitrito nell'acqua d'infiltrazione sono il risultato di processi di degradazione biologica anaerobica. Ciò permette di stabilire collegamenti di tipo semi-quantitativo con la presenza di rifiuti biodegradabili. Inoltre entrambi i parametri sono indicatori dello stadio della discarica (cfr. sviluppo delle sostanze nocive nell'acqua d'infiltrazione, fig. 6-1 e 6-2 nell'all. A-5).

Le concentrazioni di ammonio nelle acque sotterranee non sono causate in tutti i casi da fuoriuscite di acqua d'infiltrazione. La presenza di ammonio può infatti essere dovuta ad attività agricole o a processi naturali in atto nella falda freatica. Tali effetti possono però essere esclusi confrontando le concentrazioni a monte e a valle della discarica.

Una discussione approfondita di questi parametri deve essere condotta nell'ambito dell'esame principale (all. A-3.1/3.2, criteri B35/C35 e B125/C125). In tale contesto si dovrà prestare attenzione in particolare ad aspetti quali l'immissione in un corso d'acqua ricettore (deflusso, pH), in quanto i sistemi acquatici reagiscono

in maniera molto sensibile ai composti ammonio e nitrito che sono tossici per i pesci.

#### Solfato, cloruro, boro

L'allegato A-4 relativo all'esame principale definisce criteri di selezione anche per sostanze meno tossiche come solfato, cloruro o boro. Solfato e cloruro sono presenti nell'acqua d'infiltrazione delle discariche di tipo B-E per tenori compresi in un intervallo di valori a una cifra (g/l). Il boro è inoltre un indicatore affidabile per rifiuti urbani e acqua di scarico. Per questi ioni inorganici e mobili è richiesta soprattutto una verifica delle possibili emissioni dall'acqua d'infiltrazione nelle acque sotterranee; essi non comportano alcun pericolo immediato per i beni da proteggere.

Cloruro e solfato modificano il sapore dell'acqua potabile a partire da una concentrazione di 250 mg/l. Per tale ragione, come criterio di selezione nell'esame principale si utilizza il valore di dieci volte tale soglia di sapore.

#### Fosforo

Nelle acque superficiali, in particolare negli specchi d'acqua, un tenore elevato di fosforo causa una forte produzione primaria. Questo parametro va dunque considerato nel caso di un'immissione esistente o potenziale futura (ossia dopo la fase di manutenzione postoperativa) in specchi d'acqua superficiali.

#### Metalli pesanti

A causa del loro potenziale inquinante elevato, i metalli pesanti rivestono grande rilevanza per le discariche. La loro emissione attraverso l'acqua d'infiltrazione può avvenire in forma disciolta o come particelle. I requisiti per l'immissione in acque superficiali secondo l'OPAc si riferiscono dunque al tenore complessivo (all. 3.2 OPAc).

Nelle acque sotterranee occorre determinare la quota di metalli disciolti trasportati in un ricettore e la quota di metalli trasportabili legati a particelle. Le acque sotterranee prelevate tramite campionamento piezometrico possono contenere sostanze in sospensione che non vengono però trasportate attraverso l'acquifero. Le sostanze in sospensione devono essere rimosse dai campioni

torbidi ( $> 5 \text{ FNU}^8$ ) senza che ciò comporti perdite significative di sostanze nocive trasportabili. Nell'aiuto all'esecuzione [7] sono definite le istruzioni corrispondenti per il campionamento.

La solubilità dei metalli pesanti dipende in larga misura dal valore pH dell'acqua d'infiltrazione e dalla concentrazione di leganti complessi (ammoniaca, cloruro, EDTA<sup>9</sup> ecc.). Se i valori pH sono bassi e le concentrazioni dei relativi leganti elevate, la solubilità dei metalli può aumentare sensibilmente. Prevedere le variazioni nel tempo del valore pH nell'acqua d'infiltrazione è però tutt'altro che semplice e sarebbe perlopiù necessario soltanto nell'ambito di un esame dettagliato, richiesto sulla base di concentrazioni elevate di metalli pesanti nell'acqua d'infiltrazione. L'allegato A-5 presenta un possibile modo di procedere al riguardo.

### Composti organici volatili

I composti organici clorurati e non clorurati rientrano tra le classiche sostanze chimiche prodotte dall'industria e dall'artigianato e possono essere presenti in ogni discarica (tipi B-E). A causa della loro volatilità occorre tenere presenti i requisiti per il prelievo di campioni e la relativa conservazione secondo l'aiuto all'esecuzione [7].

Per questa categoria di sostanze, il catalogo dei criteri nell'allegato A-4 definisce come criterio di selezione un fattore di dieci volte il valore K secondo l'OSiti nell'acqua d'infiltrazione (cfr. sopra). I valori K degli idrocarburi aromatici non clorurati xilene, toluene ed etilbenzene si collocano nell'intervallo di valori a una cifra (mg/l). Poiché con questi composti non si possono escludere effetti negativi sugli organismi acquatici in presenza di concentrazioni inferiori al valore K, quale ulteriore criterio di selezione è richiesto un valore totale di  $\leq 10 \text{ mg/l}$  ( $\Sigma$  idrocarburi non clorurati) nell'acqua d'infiltrazione. Per gli idrocarburi clorurati si applica inoltre un valore totale di  $\leq 0,5 \text{ mg/l}$ . In presenza di bassi valori di diluizione tra l'acqua d'infiltrazione e il corso d'acqua ricettore, il perito è tenuto ad accertare il pericolo per gli organismi acquatici.

### Idrocarburi alifatici, idrocarburi aromatici policiclici e bifenili policlorurati

Queste tre classi di sostanze possono essere tutte presenti in maniera rilevante nei rifiuti. Nella maggior parte dei casi sono però poco mobili e vengono ben assorbite dai materiali organici della matrice dei rifiuti; le eventuali emissioni sono dunque legate principalmente a particelle. Per tale ragione sono richieste soltanto analisi puntuali, senza misurazione delle tendenze a lungo termine nell'acqua d'infiltrazione.

### Carbonio organico disciolto e richiesta biochimica di ossigeno

Secondo una vasta serie di dati relativi alle discariche svizzere (pubblicata in [5]), il carbonio organico disciolto (DOC) nell'acqua d'infiltrazione è biodegradabile soltanto nella misura del 25 per cento circa, mentre il 75 per cento è refrattario. Questo aspetto deve però essere verificato caso per caso, in quanto i dati sono talvolta fortemente divergenti. Secondo l'allegato 3.3 numero 25 OPAC, l'acqua d'infiltrazione può essere immessa nelle acque superficiali con una richiesta biochimica di ossigeno ( $\text{BOD}_5$ ) di  $20 \text{ mg O}_2/\text{l}$ . A causa dell'elevata quota refrattaria del DOC, la presente strategia prevede come valore di selezione nell'esame principale un requisito di  $40 \text{ mg C/l}$  nell'acqua d'infiltrazione; per la quota non refrattaria tale valore corrisponde più o meno ai requisiti per la  $\text{BOD}_5$  secondo l'OPAC.

### Sostanze organiche in tracce

I materiali bioattivi come anche le scorie dall'incenerimento dei rifiuti possono contenere sostanze organiche in tracce che non vengono rilevate dal programma di analisi secondo l'allegato A-2. Date le basse concentrazioni presenti nell'acqua d'infiltrazione, gran parte di questi composti non sono pericolosi per l'uomo e per l'ambiente. Diversi studi degli ultimi anni mostrano tuttavia che composti come il bisfenolo A possono essere presenti nell'acqua d'infiltrazione nell'intervallo di valori a una cifra (mg/l), laddove il requisito di qualità per le acque superficiali ne limita la concentrazione a  $1,5 \mu\text{g/l}$ . Anche il nonilfenolo ad azione estrogena (requisito di qualità  $< 1 \mu\text{g/l}$ ) e gli ftalati (plastificanti) possono essere rinvenuti nell'acqua d'infiltrazione in alte concentrazioni. Il perito verifica se occorre analizzare questi parametri soprattutto in caso di immissione in acque superficiali

8 FNU = Formazine Nephelometric Units. Per poter misurare la torbidità in maniera comparabile, si utilizza la formazina come liquido standard.

9 EDTA = acido etilendiamminotetraacetico (agente sequestrante)

sensibili o in presenza di condizioni di diluizione sfavorevoli.

Oltre alle sostanze organiche in tracce, a seconda dei casi possono rivestire una certa importanza anche altre sostanze chimiche industriali non incluse nel programma di analisi, soprattutto se l'inventario dei rifiuti è lacunoso. In tal caso, per escludere un pericolo per i beni da proteggere, si eseguiranno monitoraggi non mirati (GC-MS) secondo lo stato della tecnica che consentono di identificare i composti sconosciuti e di ordinarli per priorità. Questo metodo permette di rilevare i composti summenzionati (bisfenolo A, ftalati, nonilfenolo). Uno svantaggio consiste nel fatto che i composti molto polari sfuggono alla vagliatura.

Per ragioni pratiche e finanziarie non è mai possibile identificare tutte le sostanze nocive contenute nell'acqua d'infiltrazione. Il perito non può quindi escludere completamente che l'acqua d'infiltrazione contenga altri composti problematici che potrebbero avere effetti negativi sulle acque superficiali in caso di immissione dell'acqua d'infiltrazione al termine della fase di manutenzione postoperativa. Se l'acqua d'infiltrazione deve essere immessa in acque superficiali sensibili, è possibile effettuare dei biosaggi al fine di rilevarne gli effetti ecotossicologici nel corso d'acqua ricettore. Si possono così determinare gli effetti tossici generali sugli organismi acquatici senza bisogno di dispendiose analisi chimiche. A causa delle possibili emissioni di acqua d'infiltrazione nelle acque sotterranee (recettore umano), questi test non sostituiscono però le analisi previste nell'allegato A-2.

### A-3 Esame principale, matrice di valutazione

#### Spiegazione delle correlazioni tra i criteri

I criteri definiti qui di seguito per l'esame principale completo possono essere valutati di volta in volta come «verdi» e/o «gialli». Un criterio valutato come «giallo» non comporterà necessariamente un pericolo per i beni da proteggere al termine della manutenzione postoperativa e non richiederà per forza di cose un esame dettagliato.

Ogni criterio valutato come «giallo» può essere discusso in combinazione con i criteri valutati come «verdi». Se una valutazione «gialla» non viene attenuata in modo plausibile e fondato da altri criteri o misure mirate e non è possibile escludere un pericolo al termine della manutenzione postoperativa, occorrerà procedere a un esame dettagliato.

Particolarmente rilevanti sono i criteri scritti in rosso e contrassegnati con un asterisco, per i quali il perito ha un margine d'azione/grado di libertà limitato. Infatti, questi possono essere attenuati soltanto mediante l'adozione di misure o in virtù di particolari proprietà del sito e richiedono un'attenzione specifica da parte dell'autorità ai fini di un'effettiva garanzia della qualità dell'intera valutazione della pericolosità.

In questa sede non vengono mostrate tutte le correlazioni. Sarà compito del perito determinarle per i criteri evidenziati in «giallo».

Di seguito sono descritti alcuni esempi di criteri correlati.

**Esempio 1:** un'impermeabilizzazione del fondo non realizzata secondo l'OTR/OPSR o la norma SIA 203 [21] è giudicata problematica (criterio C81: «giallo»). Nella zona immediatamente a valle del sito, e anche nella zona a valle più estesa, non sono presenti acque sotterranee utilizzabili (criterio C121: «verde») → valutazione complessiva «verde».

**Esempio 2:** vengono prelevati campioni dell'acqua d'infiltrazione soltanto ogni due anni e non una volta all'anno come richiesto (criterio C31: «giallo»). La contaminazione dell'acqua d'infiltrazione è però nettamente inferiore ai criteri numerici definiti (criterio C35: «verde») → valutazione complessiva «verde».

**Esempio 3:** le scarpate della discarica sono relativamente ripide (criterio C45: «giallo»). La discarica è sostenuta da una diga di sbarramento stabile e misure inclinometriche non evidenziano variazioni negli angoli d'inclinazione (criterio C47: «verde») → valutazione complessiva «verde».

**Esempio 4:** l'evacuazione delle acque non avviene su una pendenza naturale e l'acqua d'infiltrazione deve essere

pompata per un periodo molto prolungato (criterio C61: «giallo»). La probabilità e le conseguenze di un'inondazione del corpo della discarica devono essere valutate nell'esame dettagliato. Possibili opzioni sarebbero per esempio la perforazione dell'ostacolo che impedisce il drenaggio o un'impermeabilizzazione efficace della superficie → valutazione complessiva «gialla», quindi esame dettagliato.

**Esempio 5:** in una discarica di tipo B non è presente alcuna evacuazione delle acque (impossibilità di prelevare campioni dell'acqua d'infiltrazione [criteri B3 e segg.], assenza di drenaggio del fondo [criteri B6 e segg.], nessuno strato poco permeabile [criteri B8 e segg.], la discarica non è situata in una zona limitrofa al settore A<sub>u</sub>) e l'acqua s'infiltra senza controllo. Le acque sotterranee e le sorgenti vengono sorvegliate regolarmente in ragione delle condizioni idrogeologiche (art. 41 cpv. 2 OPSR) (criterio B122: «verde») e i risultati della sorveglianza delle acque sotterranee non indicano alcuna contaminazione inammissibile da parte della discarica (criterio B125/126: «verde») → valutazione complessiva «verde».

Figura 3-1

**Schema delle correlazioni tra i criteri**

Esempio: tra i criteri 2 e 4 esiste la correlazione/il collegamento A. La valutazione «gialla» del criterio 4 può essere attenuata dalla valutazione «verde» del criterio 2.

|              | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 | Criterio 5 | Criterio 6 | Criterio 7 | Criterio ... | Criterio n |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| Criterio 1   |            |            |            |            |            |            |            |              |            |
| Criterio 2   |            |            |            | A          |            |            |            |              |            |
| Criterio 3   |            |            |            |            |            |            | B          |              |            |
| Criterio 4   |            | A          |            |            |            |            |            |              |            |
| Criterio 5   |            |            |            |            |            |            |            |              |            |
| Criterio 6   |            |            |            |            |            |            | C          |              |            |
| Criterio 7   |            |            | B          |            |            | C          |            |              |            |
| Criterio ... |            |            |            |            |            |            |            |              |            |
| Criterio n   |            |            |            |            |            |            |            |              |            |



### A-3.1 Criteri per le discariche di tipo B, selettivi per il tipo A

Occorre indicare i riferimenti per informazioni e fatti relativi ai singoli criteri in modo da documentare in maniera verificabile da dove provengono le informazioni necessarie per la valutazione del criterio e dove sono reperibili.

### B Criteri dell'esame principale

|                                                                                                                                                                                        | «Verde»                                                                                                                                                                             | «Giallo»                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B1 Inventario dei rifiuti</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B11 Stato delle informazioni sull'inventario *</b><br>Stato delle informazioni riguardanti i rifiuti depositati nella discarica: caratteristiche, quantità, settore di provenienza? | Documentazione completa (caratteristiche documentate e note almeno per l'80 % dei rifiuti)                                                                                          | Caratteristiche sconosciute per più dell'80 % dei rifiuti                                                                                                                                            |
| <b>B12 Deposito di materiali inerti soggetti ad autorizzazione/rifiuti ammessi per il tipo B</b>                                                                                       | Sì, documentazione completa e verificabile                                                                                                                                          | Sì, i dati sono però incompleti                                                                                                                                                                      |
| <b>B13 Deposito di rifiuti non conformi ai materiali inerti secondo l'OTR/non ammessi per il tipo B *</b>                                                                              | No, documentato in maniera verificabile                                                                                                                                             | Eventualità impossibile da escludere                                                                                                                                                                 |
| <b>B14 Deposito di materiale di scavo e di sgombero non contaminato</b> in una discarica/ un compartimento per materiali inerti o di tipo B                                            | Sì, documentazione completa e verificabile                                                                                                                                          | Sì, i dati sono però incompleti                                                                                                                                                                      |
| <b>B15 Deposito di fanghi o rifiuti sotto forma di fanghi *</b>                                                                                                                        | No, o soltanto residui di filtrazione solidi ottenuti da fanghi disidratati                                                                                                         | Deposito di fanghi parzialmente non disidratati                                                                                                                                                      |
| <b>B2 Bilancio idrico</b> (considerazione di tutti i processi di ingresso e uscita dell'acqua)                                                                                         |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B21 Stato del bilancio idrico</b><br>Esiste un bilancio idrico per la discarica?                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilancio idrico esistente e</li> <li>• bilancio idrico esteso a tutti i processi rilevanti e plausibile</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun bilancio idrico presente o</li> <li>• bilancio idrico non esteso a tutti i processi rilevanti o</li> <li>• bilancio idrico non plausibile</li> </ul> |
| <b>B3 Acqua d'infiltrazione</b> (acqua d'infiltrazione raccolta (tra le altre cose nella zona limitrofa necessaria per proteggere le acque sotterranee utilizzabili))                  |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B31 Dati esistenti</b><br>Sono state eseguite regolarmente analisi in tutti i compartimenti per un periodo di tempo prolungato?                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serie temporale completa/regolare e</li> <li>• risultati utilizzabili (≥ una campagna all'anno per l'intera durata d'esercizio)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati presenti ma incompleti (&lt; una campagna all'anno) o</li> <li>• a intervalli irregolari</li> </ul>                                                    |
| <b>B32 Misurazione delle quantità di acqua d'infiltrazione</b><br>Le quantità di acqua d'infiltrazione da tutti i compartimenti e la quantità totale sono misurate regolarmente?       | Misurazioni regolari                                                                                                                                                                | Misurazioni irregolari o assenti                                                                                                                                                                     |
| <b>B33 Parametri rilevati nell'acqua d'infiltrazione</b><br>Vengono registrati tutti i parametri rilevanti secondo l'allegato 2?                                                       | Sì                                                                                                                                                                                  | No                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>B34 Qualità del campionamento e delle analisi</b><br/>I requisiti per il campionamento e le analisi secondo l'aiuto all'esecuzione [7] sono soddisfatti?</p> <p><b>B35 Concentrazioni nell'acqua d'infiltrazione (stato attuale, dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione postoperatoria)</b><br/>I criteri numerici secondo l'allegato A-4 sono rispettati nello stato attuale e lo saranno con tutta probabilità anche dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione postoperatoria?</p> <p><b>B36 Immissione dell'acqua d'infiltrazione</b><br/>L'acqua d'infiltrazione viene immessa in acque superficiali, eventualmente dopo un trattamento preliminare sul posto, oppure viene immessa nella canalizzazione pubblica?</p>                                                                                                                                                                                    | <p>«Verde»</p> <p>Sì</p> <p>Le concentrazioni di tutti i parametri sono inferiori o uguali ai criteri numerici (all. A-4)</p> <p>Viene immessa direttamente (cfr. criteri B132 e segg.)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>«Giallo»</p> <p>No</p> <p>Le concentrazioni di uno o più parametri sono superiori ai criteri numerici (all. A-4)</p> <p>S'infiltra (cfr. criteri B121 e segg.) o viene pretrattata e/o immessa nella canalizzazione pubblica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>B4 Corpo della discarica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>B41 Assestamenti</b><br/>Quanto è elevata la probabilità di assestamenti?</p> <p><b>B42 Calcoli della stabilità con scarpate di altezza <math>\geq 20</math> m *</b><br/>I dati relativi alla stabilità sono disponibili e aggiornati? Si tiene conto dell'ingresso di acqua di versante o di una possibile inondazione?</p> <p><b>B43 Scarpate</b><br/>Pendenze delle scarpate</p> <p><b>B44 Orizzonti impermeabili con scarpate di altezza <math>\geq 20</math> m *</b><br/>Si possono osservare o prevedere orizzonti impermeabili o un'inondazione del corpo della discarica?</p> <p><b>B45 Stabilità del corpo della discarica con scarpate di altezza <math>\geq 20</math> m *</b><br/><b>Scivolamento del corpo della discarica</b><br/>Sono state eseguite misure geodetiche o inclinometriche?</p> <p><b>B46 Risultati delle misurazioni dello scivolamento con scarpate di altezza <math>\geq 20</math> m *</b><br/>Deformazioni in direzione della forza trainante?</p> | <p>Il corpo della discarica è omogeneo e ben impermeabilizzato. Nessun deposito di fanghi liquidi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I dati relativi alla stabilità sono disponibili e</li> <li>• si tiene conto dell'ingresso di acqua di versante o di una possibile inondazione</li> </ul> <p><math>\leq 1:2,5</math> (<math>\leq 22^\circ</math>).</p> <p>Nessuna previsione di orizzonti impermeabili o di inondazione nel corpo della discarica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Misurazioni e analisi regolari dello scivolamento e</li> <li>• dati di qualità disponibili per un lungo periodo, meccanismi verificabili</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finora nessun incremento (accelerazione) rilevato e</li> <li>• nessun incremento prevedibile in futuro</li> </ul> | <p>Il corpo della discarica è disomogeneo e/o insufficientemente impermeabilizzato. Deposito di fanghi liquidi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I dati relativi alla stabilità non sono disponibili o</li> <li>• non si tiene conto dell'ingresso di acqua di versante o di una possibile inondazione</li> </ul> <p><math>&gt; 1:2,5</math> (<math>&gt; 22^\circ</math>).</p> <p>Non si possono escludere orizzonti impermeabili o un'inondazione nel corpo della discarica. Misure come la sorveglianza delle scarpate ecc. sono state adottate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessuna misurazione utilizzabile dello scivolamento o</li> <li>• dati disponibili ma incompleti o a intervalli irregolari o</li> <li>• meccanismi solo in parte verificabili</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evoluzione impossibile o difficile da valutare o</li> <li>• non si può escludere un'accelerazione futura</li> </ul> |
| <b>B5 Separazione tra i compartimenti</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>B51 Separazione verticale dei compartimenti</b><br/>I compartimenti con rifiuti di qualità differente sono separati verticalmente?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Sì</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><i>solo per discariche con diversi compartimenti</i></p> <p>No, separazione orizzontale o diagonale</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                   | «Verde»                                                                                                                                                                                                                                                                   | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B52 Separazione orizzontale, qualità degli strati</b><br>Qualità dello strato superiore di rifiuti?                                                            | Il compartimento superiore contiene solo materiale di scavo non contaminato (non scorie, materiali bioattivi ecc.)                                                                                                                                                        | Il compartimento superiore non contiene solo materiale di scavo non contaminato (anche scorie, materiali bioattivi ecc.)                                                                                                                                                                              |
| <b>B53 Separazione orizzontale o diagonale</b><br>Comportamento di assestamento?                                                                                  | I compartimenti superiore e inferiore presentano un comportamento di assestamento analogo                                                                                                                                                                                 | I compartimenti superiore e inferiore presentano un comportamento di assestamento diverso                                                                                                                                                                                                             |
| <b>B54 Strato di separazione</b><br>Qualità e struttura dello strato di separazione?                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strato di separazione minerale compatto o attestato come equivalente per separare i compartimenti dei tipi di discarica C-E</li> <li>• Strato semplice per la separazione verticale nelle discariche di tipo A</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strato di separazione minerale o analogo poco compatto o solo strato permeabile per separare i compartimenti dei tipi di discarica C-E</li> <li>• Solo strato permeabile per la separazione orizzontale/diagonale nelle discariche di tipo A</li> </ul>      |
| <b>B55 Evacuazione delle acque (ove prescritto) dai compartimenti</b>                                                                                             | L'evacuazione delle acque dai compartimenti è separata e questi possono essere sottoposti a campionamento separato                                                                                                                                                        | L'evacuazione delle acque dai compartimenti non è separata o questi non possono essere sottoposti a campionamento separato                                                                                                                                                                            |
| <b>B6 Drenaggio del fondo</b> (acqua d'infiltrazione raccolta tra le altre cose nella zona limitrofa necessaria per proteggere le acque sotterranee utilizzabili) |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>B61 Evacuazione delle acque su una pendenza naturale? *</b>                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La deviazione dell'acqua d'infiltrazione avviene su una pendenza naturale fino al corso d'acqua ricettore/IDA e</li> <li>• le condutture di evacuazione presentano a lungo termine una pendenza <math>\geq 2\%</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La deviazione dell'acqua d'infiltrazione non avviene o avviene solo in parte su una pendenza naturale fino al corso d'acqua ricettore/IDA o</li> <li>• le condutture di evacuazione presentano a lungo termine una pendenza <math>&lt; 2\%</math></li> </ul> |
| <b>B62 Evacuazione delle acque dal fondo, struttura</b><br>Struttura del sistema di evacuazione delle acque dal fondo e dai fianchi?                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strato di evacuazione permeabile o rivestimento delle condutture con materiale drenante sul fondo e</li> <li>• condutture: <math>\varnothing</math> interno <math>\geq 200</math> mm; e</li> <li>• HDPE</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condotture: <math>\varnothing</math> interno <math>&lt; 200</math> mm o</li> <li>• PE, PVC o</li> <li>• nessun rivestimento delle condutture o</li> <li>• condutture danneggiate e accumulo d'acqua attestato o possibile nel lungo periodo</li> </ul>       |
| <b>B63 Condotture</b><br>Le condutture collettive possono essere lavate e ispezionate?                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condutture possono essere lavate su tutta la lunghezza e</li> <li>• possono essere ispezionate su tutta la lunghezza con una videocamera</li> </ul>                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condutture non possono essere lavate su tutta la lunghezza o</li> <li>• non possono essere ispezionate su tutta la lunghezza con una videocamera</li> </ul>                                                                                               |
| Intervallo per la manutenzione delle condutture?                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serie temporale completa e regolare e</li> <li>• risultati utilizzabili (<math>\geq</math> una campagna ogni due anni per l'intera durata d'esercizio)</li> </ul>                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun dato utilizzabile per la manutenzione delle condutture o</li> <li>• dati disponibili ma incompleti (<math>&lt;</math> una campagna ogni due anni)</li> </ul>                                                                                          |
| <b>B7 Pozzetti per discariche di tipo B</b>                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>B71 Pozzetti inclinati e cunicoli accessibili, camere sotterranee</b><br>Stato generale?                                                                       | La costruzione non presenta difetti o solo difetti molto limitati (nessun ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                                                                                                         | La costruzione presenta difetti considerevoli (ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                                                                                                                                                                |
| Controlli dello stato: controllo dei materiali da costruzione e dell'esecuzione?                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlli dello stato a intervalli regolari e</li> <li>• documentazione completa per tutta la durata d'esercizio</li> </ul>                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun controllo dello stato o</li> <li>• i dati sui controlli dello stato sono assenti oppure disponibili ma incompleti</li> </ul>                                                                                                                          |

|                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sifonamento delle condutture di mandata dell'acqua d'infiltrazione (solo per compartimenti di tipo B adiacenti a compartimenti di tipo C-E)                                                         | «Verde»<br>• Tutte le condutture di mandata sono sifonate                                                                                                                                 | «Giallo»<br>• Non tutte le condutture di mandata sono sifonate o<br>• la lunghezza del sifone è insufficiente                                |
| <b>B72 Pozzetti verticali accessibili</b><br>Stato generale?                                                                                                                                        | La costruzione non presenta difetti o solo difetti molto limitati (nessun ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                         | La costruzione presenta difetti considerevoli (ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                       |
| Perforazione dell'impermeabilizzazione del fondo o dell'integrazione del sottosuolo?                                                                                                                | La perforazione viene evitata per mezzo di una fondazione o di un rinforzo dell'impermeabilizzazione del fondo, dello strato poco permeabile o dell'integrazione del sottosuolo           | Non si può escludere una perforazione                                                                                                        |
| Controlli dello stato?                                                                                                                                                                              | • Controlli dello stato a intervalli regolari e<br>• documentazione completa per tutta la durata d'esercizio                                                                              | • Controlli dello stato assenti o molto irregolari o<br>• dati sui controlli dello stato assenti oppure presenti ma incompleti               |
| <b>B8 Integrazione del sottosuolo, strato poco permeabile</b>                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |
| <b>B81 Struttura della costruzione nella zona limitrofa necessaria per proteggere le acque sotterranee utilizzabili *</b><br>La costruzione soddisfa i requisiti tecnici dell'OTR/OPSR?             | L'integrazione del sottosuolo è necessaria ed è stata realizzata secondo criteri tecnici oggettivi conformi all'OTR/OPSR                                                                  | L'integrazione del sottosuolo è necessaria ma non corrisponde ai requisiti dell'OTR/OPSR (permeabilità maggiore o spessore inferiore)        |
| <b>B82 Struttura della costruzione al di fuori della zona adiacente (settore üB)</b><br>Sottosuolo poco permeabile?                                                                                 | Il sottosuolo presenta una permeabilità di $k \leq 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ o esiste una base artificiale poco permeabile (p. es. strato poco permeabile secondo la norma SIA 203) | Il sottosuolo presenta una permeabilità di $k > 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ e non esiste alcuna base artificiale poco permeabile         |
| <b>B83 Controlli</b><br>Controllo e documentazione dell'efficacia e dell'installazione?                                                                                                             | Sono disponibili indicazioni complete sui controlli dei requisiti e della qualità e i risultati relativi alla qualità sono utilizzabili (piano di gestione della qualità esistente)       | Non sono stati eseguiti controlli dei requisiti e della qualità o le indicazioni al riguardo sono disponibili ma incomplete o inutilizzabili |
| <b>B84 Penetrazione dell'impermeabilizzazione</b><br>Esistenza di opere (pozzetti, condutture ecc.) che penetrano verticalmente nello strato isolante?                                              | Nessuna penetrazione verticale nello strato isolante                                                                                                                                      | Penetrazione verticale nello strato isolante                                                                                                 |
| <b>B85 Zona di transizione tra compartimenti</b><br>La zona di transizione da un compartimento all'altro è tenuta in considerazione nella costruzione (resistenza al taglio degli strati isolanti)? | La zona di transizione presenta strati isolanti che si estendono a più compartimenti, è rinforzata e continuamente sviluppata                                                             | La zona di transizione è stata costruita e realizzata solo in parte con una cura particolare                                                 |
| <b>B9 Gas di discarica: il criterio non si applica alle discariche di tipo B</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |
| <b>B10 Chiusura definitiva della superficie</b>                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |
| <b>B101 Vegetazione</b><br>Il rischio di erosione è eliminato tramite misure corrispondenti, sono osservabili erosioni?                                                                             | Sì e non sono osservabili erosioni                                                                                                                                                        | No o sono osservabili erosioni                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>B102 Evacuazione delle acque dalla copertura superficiale</b><br/>per raccogliere le acque superficiali<br/>Struttura dello strato di evacuazione delle acque?</p> <p>Inclinazione dello strato di evacuazione delle acque?</p> <p><b>B103 Zona di transizione – chiusura definitiva della superficie</b><br/>La zona di transizione da un compartimento all'altro e al terreno vegetalizzato è tenuta in considerazione nella costruzione?</p> | <p>«Verde»</p> <p>Strato di evacuazione delle acque e/o condutture di drenaggio ove necessario a causa delle caratteristiche del sottosuolo</p> <p>Inclinazione <math>\geq 4\%</math></p> <p>Sì</p>                                                                                             | <p>«Giallo»</p> <p>Nessuno strato di evacuazione delle acque o conduttura di drenaggio</p> <p>Inclinazione <math>&lt; 4\%</math></p> <p>No o solo in parte</p>                                                                                                                                 |
| <b>B11 Sottosuolo (zona insatura)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>B111 Spessore della zona insatura</b><br/>Distanza dal fondo della discarica al livello massimo della falda freatica a lungo termine?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Spessore della zona insatura $\geq 2$ m                                                                                                                                                                                                                                                         | Spessore della zona insatura $< 2$ m                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b>B112 Sottosuolo</b><br/>Valutazione del sottosuolo secondo i requisiti dell'OTR/OPSR relativi alla barriera geologica naturale?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>I requisiti secondo l'allegato 2 numero 1 OTR e secondo l'allegato 2 numero 1.2 OPSR sono soddisfatti o sono state intraprese misure attestate almeno come equivalenti<br/>Esistono attestazioni dell'idoneità del sito (geologia, idrogeologia, terreno, comportamento di assestamento)</p> | <p>I requisiti secondo l'allegato 2 numero 1 OTR e secondo l'allegato 2 numero 1.2 OPSR non sono soddisfatti né sono state intraprese misure attestate come equivalenti<br/>Non esistono attestazioni dell'idoneità del sito (geologia, idrologia, terreno, comportamento di assestamento)</p> |
| <p><b>B113 Sensibilità del sottosuolo all'assestamento, terreno carsico *</b><br/>Valutazione della sensibilità del sottosuolo naturale all'assestamento?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Il sottosuolo è composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• roccia o</li> <li>• morena compatta con una tendenza molto bassa all'assestamento, differenze di assestamento minime e</li> <li>• privo di formazioni carsiche o rocce fortemente fessurate</li> </ul>             | <p>Il sottosuolo è composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• materiale sciolto non consolidato o</li> <li>• sedimenti postglaciali o simili con forte tendenza all'assestamento o</li> <li>• formazioni carsiche o rocce fortemente fessurate</li> </ul>                       |
| <b>B12 Bene da proteggere: acque sotterranee e captazioni d'acqua</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>B121 Acque sotterranee utilizzabili *</b><br/>Presenza di acque sotterranee utilizzabili sul posto?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | La discarica si trova al di fuori (üB) o all'interno della zona adiacente necessaria per proteggere le acque sotterranee utilizzabili                                                                                                                                                           | La discarica si trova sopra acque sotterranee utilizzabili                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>B122 Monitoraggio delle acque sotterranee *</b><br/>(se sono presenti acque sotterranee utilizzabili)<br/>Sono presenti piezometri di monitoraggio a monte e a valle del sito? La struttura e lo stato dei piezometri consentono un campionamento rappresentativo?</p>                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Almeno un piezometro a monte e tre piezometri a valle e</li> <li>• campionamento regolare (<math>\geq</math> una campagna all'anno) e</li> <li>• campionamento rappresentativo</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun monitoraggio delle acque sotterranee o</li> <li>• <math>\leq 2</math> piezometri a valle o</li> <li>• campionamento irregolare (<math>&lt;</math> una campagna all'anno) o</li> <li>• nessun campionamento rappresentativo</li> </ul>          |
| <p><b>B123 Parametri rilevati</b><br/>Vengono registrati tutti i parametri di analisi rilevanti secondo l'allegato A-2 Monitoraggio della discarica, parametri di analisi?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                              | No                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>B124 Qualità del campionamento e delle analisi</b><br/>I requisiti per il campionamento e le analisi secondo gli aiuti all'esecuzione [7] e [12] sono soddisfatti?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                              | No                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>B125 Risultati del monitoraggio delle acque sotterranee *</b><br/>Le acque sotterranee sono eccessivamente contaminate dall'esercizio della discarica?</p> <p><b>B126 Captazioni di acque sotterranee</b><br/>A valle del sito sono presenti captazioni di acque sotterranee di interesse pubblico o falde freatiche collegate nel settore di protezione delle acque A<sub>0</sub>?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>«Verde»</p> <p>I requisiti di qualità secondo l'allegato 2 numero 22 OPAC e secondo [14] sono rispettati immediatamente a valle della discarica</p> <p>Aumento delle concentrazioni di sostanze nocive a valle della discarica (<math>\Delta</math> a valle – a monte) &lt; 50% del valore indicativo per le acque sotterranee secondo [14].</p> <p>• No, o<br/>• distanza dalla captazione o dalla falda freatica a valle <math>\geq 2000</math> m</p> | <p>«Giallo»</p> <p>I requisiti di qualità secondo l'allegato 2 numero 22 OPAC e secondo [14] non sono rispettati immediatamente a valle della discarica</p> <p>Aumento delle concentrazioni di sostanze nocive a valle della discarica (<math>\Delta</math> a valle – a monte) &gt; 50% del valore indicativo per le acque sotterranee secondo [14].</p> <p>• Sì e<br/>• distanza dalla captazione o dalla falda freatica a valle &lt; 2000 m</p> |
| <b>B13 Bene da proteggere: acque superficiali</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>B131 Acque superficiali *</b><br/>Distanza dalle acque superficiali?</p> <p>Pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione e/o all'erosione di rifiuti (ruscellamento superficiale, scivolamento o vento)</p> <p><b>B132 Immissione in corsi d'acqua</b><br/>I requisiti di qualità secondo l'OPAC e secondo [5] sono rispettati dopo una diluizione dell'acqua d'infiltrazione nel corso d'acqua, tenuto conto della contaminazione di fondo e senza trattamento preliminare, con una portata di deflusso Q<sub>347</sub>?</p> <p><b>B133 Immissione in specchi d'acqua</b><br/>I requisiti di qualità secondo l'OPAC e secondo [5] sono rispettati, tenendo conto della contaminazione di fondo, del tasso di ricambio dell'acqua e senza trattamento preliminare?</p> | <p>• Un'inondazione della discarica o del piede della discarica dovuta ad acque superficiali è esclusa anche nei casi estremi (piene ricorrenti ogni 100 anni) e</p> <p>• il pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione e all'erosione di rifiuti può essere escluso</p> <p>Sì</p> <p>Sì</p>                                                                                                                                          | <p>• Un'inondazione della discarica o del piede della discarica dovuta ad acque superficiali non può essere esclusa o</p> <p>• il pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione o all'erosione di rifiuti non può essere escluso</p> <p>No</p> <p>No</p>                                                                                                                                                                        |
| <b>B14 Bene da proteggere: suolo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>B141 Ricoltivazione/suolo</b> (agricoltura, foresta)<br/>La discarica danneggia lo strato di ricoltivazione (fuoriuscite di gas, bilancio idrico carente ecc.) o rischia di danneggiarlo in futuro?</p> <p><b>B142 Superfici utili nelle immediate vicinanze della discarica</b><br/>Le superfici utili nelle immediate vicinanze sono influenzate negativamente dalla discarica (p. es. perturbazione del bilancio idrico dovuta al ruscellamento superficiale, venti vorticosi ecc.)?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>• Nessun danno osservabile allo stato attuale e<br/>• nessun danno atteso in futuro</p> <p>• Nessun danno osservabile allo stato attuale e<br/>• nessun danno atteso in futuro</p>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>• Allo stato attuale è possibile osservare un danno o<br/>• è atteso un danno in futuro</p> <p>• Allo stato attuale è possibile osservare un danno o<br/>• è atteso un danno in futuro</p>                                                                                                                                                                                                                                                     |

### A-3.2 Criteri per le discariche di tipo C, D, E

Occorre indicare i riferimenti per informazioni e fatti relativi ai singoli criteri in modo da documentare in maniera verificabile da dove provengono le informazioni necessarie per la valutazione del criterio e dove sono reperibili.

### C Criteri dell'esame principale

|                                                                                                                                                                                  | «Verde»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C1 Inventario dei rifiuti</b>                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>C12 Stato delle informazioni sull'inventario *</b><br>Stato delle informazioni riguardanti i rifiuti depositati nella discarica: caratteristiche, quantità, provenienza?      | Documentazione completa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Caratteristiche sconosciute per più del 20 % dei rifiuti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>C13 Deposito di rifiuti combustibili e/o biodegradabili? *</b>                                                                                                                | Meno del 5 % di rifiuti combustibili e/o biodegradabili                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Più del 5 % di rifiuti combustibili e/o biodegradabili                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C14 Deposito di rifiuti prodotti dall'industria/artigianato, rifiuti speciali, altri rifiuti soggetti a controllo? *</b>                                                      | Non sono stati depositati<br>• rifiuti prodotti dall'industria/artigianato di cui non si conoscono le caratteristiche o<br>• rifiuti speciali o soggetti a controllo (classi «rifiuti speciali», «altri rifiuti soggetti a controllo con obbligo di modulo di accompagnamento» e «altri rifiuti soggetti a controllo senza obbligo di modulo di accompagnamento») secondo l'OTRif/OLTRif | Sono stati depositati<br>• rifiuti prodotti dall'industria/artigianato di cui non si conoscono le caratteristiche o<br>• rifiuti speciali o soggetti a controllo (classi «rifiuti speciali», «altri rifiuti soggetti a controllo con obbligo di modulo di accompagnamento» e «altri rifiuti soggetti a controllo senza obbligo di modulo di accompagnamento») secondo l'OTRif/OLTRif |
| <b>C15 Deposito misto? *</b>                                                                                                                                                     | Nella discarica/nel compartimento reattore (epoca anteriore all'OPSR) non sono stati depositati insieme materiali bioattivi di tipo differente (p. es. scorie, rifiuti urbani, fanghi di depurazione, altro)                                                                                                                                                                             | Nella discarica/nel compartimento reattore (epoca anteriore all'OPSR) sono stati depositati insieme materiali bioattivi di tipo differente (p. es. scorie, rifiuti urbani, fanghi di depurazione, altro)                                                                                                                                                                             |
| <b>C16 Scorie</b><br>Sono state trattate scorie destinate all'estrazione di metalli?                                                                                             | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>C2 Bilancio idrico (considerazione di tutti i processi di ingresso e uscita dell'acqua)</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>C21 Stato del bilancio idrico</b><br>Esiste un bilancio idrico per la discarica?                                                                                              | • Bilancio idrico esistente e<br>• bilancio idrico esteso a tutti i processi rilevanti e<br>• bilancio idrico plausibile                                                                                                                                                                                                                                                                 | • Nessun bilancio idrico presente o<br>• bilancio idrico non esteso a tutti i processi rilevanti o<br>• bilancio idrico non plausibile                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C3 Acqua d'infiltrazione non trattata</b>                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>C31 Dati esistenti</b><br>Sono state eseguite regolarmente analisi in tutti i compartimenti per un periodo di tempo prolungato?                                               | • Serie temporale completa e regolare e<br>• risultati utilizzabili (≥ una campagna all'anno per l'intera durata d'esercizio, almeno per 3–4 anni)                                                                                                                                                                                                                                       | • Dati presenti ma incompleti (< una campagna all'anno) o<br>• a intervalli irregolari                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C32 Misurazione delle quantità di acqua d'infiltrazione</b><br>Le quantità di acqua d'infiltrazione da tutti i compartimenti e la quantità totale sono misurate regolarmente? | Misurazioni regolari                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Misurazioni irregolari o assenti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | «Verde»                                                                                                                                                                                        | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C33 Parametri rilevati nell'acqua d'infiltrazione</b><br>Vengono registrati tutti i parametri rilevanti secondo l'allegato A-2?                                                                                                                                                                                                                                                 | Sì                                                                                                                                                                                             | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C34 Qualità del campionamento e delle analisi</b><br>I requisiti per il campionamento e le analisi secondo l'aiuto all'esecuzione [7] sono soddisfatti?                                                                                                                                                                                                                         | Sì                                                                                                                                                                                             | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C35 Concentrazioni nell'acqua d'infiltrazione (stato attuale, dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione postoperativa)</b><br>I criteri numerici secondo l'allegato A-4 sono rispettati nello stato attuale e lo saranno con tutta probabilità anche dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione postoperativa? | Le concentrazioni di tutti i parametri sono inferiori o uguali ai criteri numerici (all. A-4)                                                                                                  | Le concentrazioni di uno o più parametri sono superiori ai criteri numerici (all. A-4)                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>C36 Trattamento</b><br>L'acqua d'infiltrazione viene trattata (eventualmente sul posto)?                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì, viene trattata e</li> <li>• i requisiti per l'immissione in acque superficiali o nella canalizzazione pubblica (OPAc) sono soddisfatti</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No, non viene trattata o</li> <li>• il trattamento non corrisponde allo stato della tecnica o include soltanto alcune fasi di trattamento o</li> <li>• i requisiti per l'immissione in acque superficiali o nella canalizzazione pubblica (OPAc) non sono soddisfatti</li> </ul> |
| <b>C37 Altre acque raccolte</b><br>L'influenza della discarica è percepibile in altre acque raccolte come le acque chiare o di versante? Queste acque soddisfano i requisiti per l'immissione secondo l'OPAc?                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nelle acque non si percepisce alcuna influenza della discarica e</li> <li>• i requisiti per l'immissione secondo l'OPAc sono soddisfatti</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nelle acque si percepisce un'influenza della discarica (da accertare) o</li> <li>• i requisiti per l'immissione secondo l'OPAc non sono soddisfatti</li> </ul>                                                                                                                   |
| <b>C4 Corpo della discarica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>C41 Temperatura del corpo della discarica</b><br>A causa della composizione dei rifiuti sono prevedibili o osservabili reazioni chimiche e/o temperature più elevate nel corpo della discarica?                                                                                                                                                                                 | $T \leq 20^{\circ}\text{C}$                                                                                                                                                                    | $T > 20^{\circ}\text{C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>C42 Assestamenti/cedimenti del terreno</b><br>Quanto è elevata la probabilità di assestamenti/cedimenti del terreno?                                                                                                                                                                                                                                                            | • Il corpo della discarica è omogeneo e ben impermeabilizzato e non presenta alcun potenziale di formazione di gas                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il corpo della discarica è disomogeneo e/o insufficientemente impermeabilizzato o</li> <li>• presenta un potenziale di formazione di gas</li> </ul>                                                                                                                              |
| <b>C43 Misurazioni dell'assestamento</b><br>Vengono eseguite misurazioni dell'assestamento e i risultati vengono analizzati?                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Misurazioni dell'assestamento e analisi e</li> <li>• dati di qualità costante disponibili per un lungo periodo</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessuna misurazione utilizzabile dell'assestamento o</li> <li>• dati disponibili ma incompleti o a intervalli irregolari</li> </ul>                                                                                                                                              |
| <b>C44 Calcoli della stabilità *</b><br>I dati relativi alla stabilità vengono calcolati e aggiornati? Si tiene conto dell'ingresso di acqua di versante o di una possibile inondazione?                                                                                                                                                                                           | • I dati relativi alla stabilità sono disponibili, con un orientamento a lungo termine e aggiornati                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• I dati relativi alla stabilità non sono disponibili o</li> <li>• i dati relativi alla stabilità sono disponibili, con un orientamento a lungo termine ma non aggiornati</li> </ul>                                                                                               |
| <b>C45 Scarpate</b><br>Pendenze delle scarpate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $\leq 1:2,5 (\leq 22^{\circ})$ .                                                                                                                                                               | $> 1:2,5 (> 22^{\circ})$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



|                                                                                                                                                      | «Verde»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C46 Orizzonti impermeabili *</b><br>Si possono osservare o prevedere orizzonti impermeabili o un'inondazione del corpo della discarica?           | Nessuna previsione di orizzonti impermeabili o di inondazione nel corpo della discarica                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sono attestati o non si possono escludere orizzonti impermeabili o un'inondazione nel corpo della discarica. Nessuna adozione di misure come la sorveglianza delle scarpate, l'evacuazione supplementare delle acque nel corpo della discarica ecc.                                                                                      |
| <b>C47 Stabilità del corpo della discarica, scivolamento del corpo della discarica *</b><br>Sono state eseguite misure geodetiche o inclinometriche? | <ul style="list-style-type: none"> <li>Misurazioni e analisi regolari dello scivolamento e</li> <li>dati di qualità disponibili per un lungo periodo, meccanismi verificabili</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nessuna misurazione utilizzabile dello scivolamento o</li> <li>dati disponibili ma incompleti o a intervalli irregolari o</li> <li>meccanismi solo parzialmente verificabili</li> </ul>                                                                                                           |
| <b>C48 Risultati delle misurazioni dello scivolamento</b><br>Deformazioni in direzione della forza trainante                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Finora nessun incremento (accelerazione) rilevato e</li> <li>nessun incremento prevedibile in futuro</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Evoluzione impossibile o difficile da valutare o</li> <li>non si può escludere un'accelerazione futura</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |
| <b>C5 Separazione tra i compartimenti</b>                                                                                                            | <i>solo per discariche con diversi compartimenti</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>C51 Separazione verticale dei compartimenti</b><br>I compartimenti con rifiuti di qualità differente sono separati verticalmente?                 | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No, separazione orizzontale o in diagonale                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C52 Separazione orizzontale, qualità degli strati</b><br>Qualità dello strato superiore di rifiuti?                                               | Il compartimento superiore contiene solo materiali inerti/rifiuti di tipo B o materiale di scavo non contaminato (non scorie, materiali bioattivi ecc.)                                                                                                                                                                                                                                  | Il compartimento superiore non contiene solo materiali inerti/rifiuti di tipo B o materiale di scavo non contaminato (anche scorie, materiali bioattivi ecc.)                                                                                                                                                                            |
| <b>C53 Separazione orizzontale o diagonale, comportamento di assestamento</b>                                                                        | I compartimenti superiore e inferiore presentano un comportamento di assestamento analogo                                                                                                                                                                                                                                                                                                | I compartimenti superiore e inferiore presentano un comportamento di assestamento diverso                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>C54 Strato di separazione</b><br>Qualità e struttura dello strato di separazione?                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Strato di separazione minerale compatto o separazione tra i compartimenti attestata come equivalente</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Strato di separazione compatto ma non minerale o</li> <li>strato di separazione minerale poco compatto o</li> <li>solo strato di separazione permeabile</li> </ul>                                                                                                                                |
| <b>C55 Evacuazione delle acque dai compartimenti? *</b>                                                                                              | L'evacuazione delle acque dai compartimenti è separata e questi possono essere sottoposti a campionamento separato                                                                                                                                                                                                                                                                       | L'evacuazione delle acque dai compartimenti non è separata o questi non possono essere sottoposti a campionamento separato                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C6 Drenaggio del fondo</b>                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>C61 Evacuazione delle acque su una pendenza naturale *</b>                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>La deviazione dell'acqua d'infiltrazione avviene su una pendenza naturale fino al corso d'acqua ricettore/IDA e</li> <li>lo strato di evacuazione delle acque e le condutture di evacuazione presentano a lungo termine una pendenza <math>\geq 2\%</math></li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>La deviazione dell'acqua d'infiltrazione non avviene o avviene solo in parte su una pendenza naturale fino al corso d'acqua ricettore/IDA o</li> <li>lo strato di evacuazione delle acque e le condutture di evacuazione presentano a lungo termine una pendenza <math>&lt; 2\%</math></li> </ul> |
| <b>C62 Evacuazione delle acque dal fondo e dai fianchi, struttura *</b><br>Struttura del sistema di evacuazione delle acque dal fondo e dai fianchi? | <ul style="list-style-type: none"> <li>Strato permeabile di evacuazione delle acque sul fondo e sui fianchi e</li> <li>spessore <math>\geq 30</math> cm sul fondo e</li> <li>condutture: <math>\varnothing</math> interno <math>\geq 200</math> mm; e</li> <li>HDPE o</li> <li>sono state intraprese misure complementari o attestate come equivalenti a livello di struttura</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Condutture: <math>\varnothing</math> interno <math>&lt; 200</math> mm o</li> <li>PE, PVC o</li> <li>rivestimento delle condutture con materiale drenante o</li> <li>condutture danneggiate e accumulo d'acqua attestato o possibile nel lungo periodo</li> </ul>                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                          | «Verde»                                                                                                                                                                                         | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C63 Zona di transizione, differenze di assestamento</b><br>La zona di transizione tra il sottosuolo mobile e solido e le differenze di assestamento della barriera del fondo sono tenute in considerazione nella costruzione (resistenza al taglio delle condutture)? | Sì                                                                                                                                                                                              | No o solo in parte                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>C64 Condutture</b><br>Le condutture collettive possono essere lavate e ispezionate?                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condutture possono essere lavate su tutta la lunghezza e</li> <li>• possono essere ispezionate su tutta la lunghezza con una videocamera</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condutture non possono essere lavate su tutta la lunghezza o</li> <li>• non possono essere ispezionate su tutta la lunghezza con una videocamera</li> </ul>                                                       |
| Intervallo per la manutenzione delle condutture?                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serie temporale completa e regolare e</li> <li>• risultati utilizzabili (≥ una campagna all'anno per l'intera durata d'esercizio)</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun dato utilizzabile per la manutenzione delle condutture o</li> <li>• dati disponibili ma incompleti (&lt; una campagna all'anno) o</li> <li>• manutenzione delle condutture a intervalli irregolari</li> </ul> |
| <b>C7 Pozzetti</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C71 Pozzetti inclinati e cunicoli accessibili, camere sotterranee</b><br>Stato generale?                                                                                                                                                                              | La costruzione non presenta difetti o solo difetti molto limitati (nessun ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                               | La costruzione presenta difetti considerevoli (ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                                                                                                                        |
| Protezione contro i contatti con l'acqua d'infiltrazione?                                                                                                                                                                                                                | Protezione integrale della superficie di calcestruzzo tramite verniciatura, rivestimento, impermeabilizzazione sintetica o strati minerali di copertura                                         | Protezione parziale o assente della superficie di calcestruzzo                                                                                                                                                                                                |
| Controlli dello stato: controllo dei materiali da costruzione e dell'esecuzione?                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlli dello stato a intervalli regolari e</li> <li>• documentazione completa per tutta la durata d'esercizio</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlli dello stato assenti o solo irregolari o</li> <li>• dati sui controlli dello stato assenti oppure presenti ma incompleti</li> </ul>                                                                         |
| Sifonamento delle condutture di mandata dell'acqua d'infiltrazione                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutte le condutture di mandata sono sifonate</li> </ul>                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non tutte le condutture di mandata sono sifonate o</li> <li>• la lunghezza del sifone è insufficiente</li> </ul>                                                                                                     |
| <b>C72 Pozzetti verticali accessibili</b><br>Stato generale?                                                                                                                                                                                                             | La costruzione non presenta difetti o solo difetti molto limitati (nessun ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                               | La costruzione presenta difetti considerevoli (ingresso di acqua d'infiltrazione, fessure o distacchi)                                                                                                                                                        |
| Protezione contro i contatti con l'acqua d'infiltrazione?                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protezione integrale della superficie di calcestruzzo o</li> <li>• esecuzione in HDPE, GFK ecc.</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protezione parziale o assente della superficie di calcestruzzo</li> </ul>                                                                                                                                            |
| Perforazione dell'impermeabilizzazione del fondo?                                                                                                                                                                                                                        | La perforazione viene evitata per mezzo di una fondazione o di un rinforzo dell'impermeabilizzazione del fondo                                                                                  | Non si può escludere una perforazione                                                                                                                                                                                                                         |
| Controlli dello stato?                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlli dello stato a intervalli regolari e</li> <li>• documentazione completa per tutta la durata d'esercizio</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlli dello stato assenti o molto irregolari o</li> <li>• dati sui controlli dello stato assenti oppure disponibili ma incompleti</li> </ul>                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                             | «Verde»                                                                                                                                                                         | «Giallo»                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C8 Impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi</b>                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C81 Struttura della costruzione</b><br>La costruzione soddisfa i requisiti tecnici secondo l'OTR/OPSR (attestazioni/controlli p. es. secondo l'aiuto all'attuazione della norma SIA 203 [20])?                           | L'impermeabilizzazione del fondo è stata realizzata secondo criteri oggettivi conformi all'OTR/OPSR                                                                             | L'impermeabilizzazione del fondo non corrisponde ai requisiti dell'OTR/OPSR:<br>• spessore insufficiente della plastica o<br>• spessore insufficiente dell'impermeabilizzazione minerale o<br>• permeabilità eccessiva |
| <b>C82 Struttura della costruzione II *</b>                                                                                                                                                                                 | L'impermeabilizzazione del fondo non soddisfa i requisiti secondo C81, ma sono state intraprese misure complementari o attestate come equivalenti a livello di struttura        | Manca l'impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi                                                                                                                                                                   |
| <b>C83 Misure legate alla costruzione e/o all'esercizio</b><br>p. es. in caso di utilizzo di materiali fluenti o di forze di spinta sull'impermeabilizzazione?                                                              | Nessun utilizzo di materiali fluenti o adozione di misure idonee contro gli scivolamenti dovuti a forze di taglio o di spinta                                                   | Utilizzo di materiali fluenti o nessuna adozione di misure costruttive contro gli spostamenti                                                                                                                          |
| <b>C84 Zona di transizione</b><br>La zona di transizione tra il sottosuolo mobile e solido è tenuta in considerazione nella costruzione (differenze di assestamento, resistenza al taglio degli strati isolanti)?           | I bordi sono rinforzati e la zona di transizione mobile/solida è continuamente sviluppata                                                                                       | La zona di transizione è stata costruita e realizzata solo in parte con una cura particolare                                                                                                                           |
| <b>C85 Controlli</b><br>Controllo e documentazione dell'efficacia e dell'installazione?                                                                                                                                     | Sono disponibili indicazioni complete sui controlli dei requisiti e della qualità e i risultati relativi alla qualità sono utilizzabili (piano di qualità esistente)            | Non sono stati eseguiti controlli dei requisiti e della qualità o le indicazioni al riguardo sono disponibili ma incomplete o inutilizzabili                                                                           |
| <b>C86 Penetrazione dell'impermeabilizzazione</b><br>Esistenza di opere (pozzetti, pozzi di gas, condutture ecc.) che penetrano nell'impermeabilizzazione?                                                                  | • Nessuna penetrazione verticale nell'impermeabilizzazione e<br>• le penetrazioni orizzontali sono messe in sicurezza in maniera specifica o presentano un sistema di controllo | • Penetrazione verticale nell'impermeabilizzazione o<br>• le penetrazioni orizzontali non sono messe in sicurezza in maniera specifica o sono prive di un sistema di controllo                                         |
| <b>C87 Zona di transizione tra compartimenti</b><br>La zona di transizione tra compartimenti o tra il sottosuolo mobile e solido è tenuta in considerazione nella costruzione (resistenza al taglio degli strati isolanti)? | La zona di transizione presenta impermeabilizzazioni che si estendono a più compartimenti, è rinforzata e continuamente sviluppata                                              | La zona di transizione è stata costruita e realizzata solo in parte con una cura particolare                                                                                                                           |
| <b>C9 Gas di discarica</b>                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C91 Produzione di gas di discarica</b><br>Vengono prodotti gas di discarica (più fasi)? È presente un potenziale di formazione di gas?                                                                                   | No, è dimostrato che sono stati depositati soltanto rifiuti senza potenziale di formazione di gas                                                                               | È possibile o viene osservato un potenziale di formazione di gas                                                                                                                                                       |
| <b>C92 Degasaggio attivo</b><br>È necessario un degasaggio attivo?                                                                                                                                                          | $< 0,001 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2 \times \text{h}$                                                                                                                   | $> 0,001 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2 \times \text{h}$                                                                                                                                                          |
| <b>C93 Fuoriuscite di gas</b><br>Vengono osservate fuoriuscite di gas? Ha luogo un monitoraggio?                                                                                                                            | Le misurazioni FID regolari sulla superficie della discarica sono documentate e analizzate (bilancio e previsione dei gas)                                                      | Le misurazioni FID sono effettuate a cadenza irregolare o non vengono analizzate                                                                                                                                       |
| <b>C94 Gas tossici in tracce</b><br>Vi sono indicazioni di gas tossici in tracce?                                                                                                                                           | Nessuna indicazione né sulla base dell'inventario dei rifiuti né dalle analisi sull'acqua d'infiltrazione (valori accentuati di sostanze organiche volatili persistenti)        | Presenza di indicazioni sulla base dell'inventario dei rifiuti o dalle analisi sull'acqua d'infiltrazione                                                                                                              |
| <b>C95 Protezione contro le esplosioni</b><br>Ripartizione in zone, piano di misure?                                                                                                                                        | Piano di misure e delle zone aggiornato                                                                                                                                         | Piani non aggiornati o incompleti                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                        | «Verde»                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C10 Chiusura definitiva della superficie (considerazione dello strato di ricoltivazione)</b>                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>C101 Vegetazione</b><br>Il rischio di erosione è eliminato tramite misure corrispondenti, sono osservabili erosioni?                                                                                                                | Sì e non sono osservabili erosioni                                                                                                                                                                                                                                                                          | No o sono osservabili erosioni                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>C102 Evacuazione delle acque dalla copertura superficiale</b><br>per raccogliere le acque superficiali<br>Struttura dello strato di evacuazione delle acque?<br><br>Inclinazione dello strato di evacuazione delle acque?           | Strato di evacuazione delle acque realizzato con una buona ripartizione granulometrica e condutture di drenaggio ove necessario a causa delle caratteristiche del sottosuolo<br><br>Inclinazione $\geq 4\%$                                                                                                 | Nessuno strato di evacuazione delle acque o conduttura di drenaggio<br><br>Inclinazione $< 4\%$                                                                                                                                                                                |
| <b>C103 Impermeabilizzazione della superficie</b><br>Impermeabilizzazione completa della superficie (nella misura necessaria in ragione della composizione dei rifiuti e delle caratteristiche dell'acqua d'infiltrazione e del sito)? | La costruzione soddisfa i requisiti della norma SIA 203 concernenti l'impermeabilizzazione della superficie o sono state intraprese misure attestata come equivalenti                                                                                                                                       | La costruzione non soddisfa almeno in parte i requisiti della norma SIA 203 concernenti l'impermeabilizzazione della superficie o è solo in parte equivalente                                                                                                                  |
| <b>C104 Zona di transizione</b><br>La zona di transizione da un compartimento all'altro e al terreno vegetalizzato è tenuta in considerazione nella costruzione?                                                                       | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | No o solo in parte                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>C105 Chiusura definitiva della superficie diversa o incompleta?</b>                                                                                                                                                                 | La composizione dei rifiuti e le caratteristiche dell'acqua d'infiltrazione e del sito non richiedono alcuna impermeabilizzazione della superficie, oppure il compartimento non era in funzione prima del 1996 o sono previste/in corso misure supplementari per ridurre la quantità di sostanze inquinanti | I presupposti riportati qui accanto sono soddisfatti solo parzialmente                                                                                                                                                                                                         |
| <b>C11 Sottosuolo (zona insatura)</b>                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>C111 Spessore della zona insatura</b><br>Distanza dal fondo della discarica al livello massimo della falda freatica a lungo termine?                                                                                                | Spessore della zona insatura $\geq 2$ m                                                                                                                                                                                                                                                                     | Spessore della zona insatura $< 2$ m                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>C112 Sottosuolo</b><br>Valutazione del sottosuolo secondo i requisiti dell'OTR/OPSR relativi alla barriera geologica naturale?                                                                                                      | I requisiti secondo l'allegato 2 numero 1 OTR e l'allegato 2 numero 1.2 OPSR sono soddisfatti o sono state intraprese misure attestata almeno come equivalenti<br>Esistono attestazioni dell'idoneità del sito (geologia, idrogeologia, terreno, comportamento di assestamento)                             | I requisiti secondo l'allegato 2 numero 1 OTR e l'allegato 2 numero 1.2 OPSR non sono soddisfatti né sono state intraprese misure attestata come equivalenti<br>Non esistono attestazioni dell'idoneità del sito (geologia, idrologia, terreno, comportamento di assestamento) |
| <b>C113 Sensibilità del sottosuolo all'assestamento, terreno carsico *</b><br>Valutazione della sensibilità del sottosuolo naturale all'assestamento?                                                                                  | Il sottosuolo è composto da:<br>• roccia o<br>• morena compatta con una tendenza molto bassa all'assestamento, differenze di assestamento minime e<br>• privo di formazioni carsiche o rocce fortemente fessurate                                                                                           | Il sottosuolo è composto da:<br>• materiale sciolto non consolidato o<br>• sedimenti postglaciali o simili con forte tendenza all'assestamento o<br>• formazioni carsiche o rocce fortemente fessurate                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                           | «Verde»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | «Giallo»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C12 Bene da proteggere: acque sotterranee e captazioni d'acqua</b>                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>C121 Acque sotterranee utilizzabili *</b><br>Presenza di acque sotterranee utilizzabili sul posto?                                                                                                                                                                     | La discarica non si trova al di sopra di acque sotterranee utilizzabili o della zona limitrofa necessaria per la loro protezione (settore di protezione delle acque $A_U$ ) e <ul style="list-style-type: none"> <li>• se la discarica si trova a monte di acque sotterranee utilizzabili, la distanza minima dal settore <math>A_U</math> è <math>\geq 200</math> m e</li> <li>• se la discarica si trova a lato di acque sotterranee utilizzabili, la distanza minima dal settore <math>A_U</math> è <math>\geq 50</math> m</li> </ul> | La discarica si trova al di sopra di acque sotterranee utilizzabili o della zona limitrofa necessaria per la loro protezione o <ul style="list-style-type: none"> <li>• se la discarica si trova a monte di acque sotterranee utilizzabili, la distanza minima dal settore <math>A_U</math> è <math>&lt; 200</math> m o</li> <li>• se la discarica si trova a lato di acque sotterranee utilizzabili, la distanza minima dal settore <math>A_U</math> è <math>&lt; 50</math> m</li> </ul> |
| <b>C122 Monitoraggio delle acque sotterranee *</b><br>(se sono presenti acque sotterranee utilizzabili)<br>Sono presenti piezometri di monitoraggio a monte e a valle del sito? La struttura e lo stato dei piezometri consentono un campionamento rappresentativo?       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Almeno un piezometro a monte e tre piezometri a valle e</li> <li>• campionamento regolare (<math>\geq</math> una campagna all'anno) e</li> <li>• campionamento rappresentativo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessun monitoraggio delle acque sotterranee o</li> <li>• <math>\leq 2</math> piezometri a valle o</li> <li>• campionamento irregolare (<math>&lt;</math> una campagna all'anno) o</li> <li>• nessun campionamento rappresentativo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C123 Parametri rilevati</b><br>Vengono registrati tutti i parametri di analisi rilevanti secondo l'allegato A-2 Monitoraggio della discarica, parametri di analisi?                                                                                                    | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C124 Qualità del campionamento e delle analisi</b><br>I requisiti per il campionamento e le analisi secondo gli aiuti all'esecuzione [7] e [12] sono soddisfatti?                                                                                                      | Sì                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>C125 Risultati del monitoraggio delle acque sotterranee *</b><br>Le acque sotterranee sono eccessivamente contaminate dall'esercizio della discarica? <i>(stato attuale, dopo la chiusura definitiva della discarica e dopo la fase di manutenzione postoperativa)</i> | I criteri numerici secondo l'allegato A-4 sono rispettati                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | I criteri numerici secondo l'allegato A-4 non sono rispettati                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>C126 Captazioni di acque sotterranee</b><br>A valle del sito sono presenti captazioni di acque sotterranee di interesse pubblico o falde freatiche collegate nel settore di protezione delle acque $A_U$ ?                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No, o</li> <li>• distanza dalla captazione o dalla falda freatica a valle <math>\geq 2000</math> m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì e</li> <li>• distanza dalla captazione o dalla falda freatica a valle <math>&lt; 2000</math> m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C13 Bene da proteggere: acque superficiali</b>                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>C131 Acque superficiali *</b><br>Distanza dalle acque superficiali?                                                                                                                                                                                                    | Un'inondazione della discarica o del piede della discarica dovuta ad acque superficiali è esclusa anche nei casi estremi (piene ricorrenti ogni 100 anni) e                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Un'inondazione della discarica o del piede della discarica dovuta ad acque superficiali non può essere esclusa o                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione e/o all'erosione di rifiuti (ruscellamento superficiale, scivolamento o vento)?                                                                                                                           | un pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione e all'erosione di rifiuti può essere escluso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | un pericolo legato all'immissione diffusa di acqua d'infiltrazione o all'erosione di rifiuti non può essere escluso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>C132 Immissione in corsi d'acqua</b><br/>I requisiti di qualità secondo l'OPAc e secondo [5] sono rispettati dopo una diluizione dell'acqua d'infiltrazione nel corso d'acqua, tenuto conto della contaminazione di fondo e senza trattamento preliminare, con una portata di deflusso <math>Q_{347}</math>?</p> <p><b>C133 Immissione in specchi d'acqua</b><br/>I requisiti di qualità secondo l'OPAc e secondo [5] sono rispettati, tenendo conto della contaminazione di fondo, del tasso di ricambio dell'acqua e senza trattamento preliminare?</p> | <p>«Verde»</p> <p>Sì</p> <p>Sì</p>                                                                                                                                                    | <p>«Giallo»</p> <p>No</p> <p>No</p>                                                                                                                                                           |
| <b>C14 Bene da proteggere: suolo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>C141 Ricoltivazione/suolo</b> (agricoltura, foresta)<br/>La discarica danneggia lo strato di ricoltivazione (fuoriuscite di gas, bilancio idrico carente ecc.) o rischia di danneggiarlo in futuro?</p> <p><b>C142 Superfici utili nelle immediate vicinanze della discarica</b><br/>Le superfici utili nelle immediate vicinanze sono influenzate negativamente dalla discarica (p. es. perturbazione del bilancio idrico dovuta al ruscellamento superficiale, venti vorticosi ecc.)?</p>                                                               | <p>• Nessun danno osservabile allo stato attuale e<br/>• nessun danno atteso in futuro</p> <p>• Nessun danno osservabile allo stato attuale e<br/>• nessun danno atteso in futuro</p> | <p>• Allo stato attuale è possibile osservare un danno o<br/>• è atteso un danno in futuro</p> <p>• Allo stato attuale è possibile osservare un danno o<br/>• è atteso un danno in futuro</p> |

## A-4 Esame principale, criteri numerici

| Parametro                                             | Unità                               | Acqua d'infiltrazione                   |                     | Acque sotterranee                                     |                    | Osservazioni                                                      |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                       |                                     | Criterio esame principale<br>(all. A-3) | Riferimento         | Criterio esame principale<br>(all. A-3) <sup>a)</sup> | Riferimento        |                                                                   |
| Parametri misurati sul terreno/indicatori             |                                     |                                         |                     |                                                       |                    |                                                                   |
| pH                                                    | —                                   | da 6,5 a 9,0                            | OPAc                |                                                       | <sup>b)</sup>      |                                                                   |
| Conduttività                                          | µS/cm                               | —                                       |                     | —                                                     |                    | Valutazione qualitativa delle emissioni della discarica           |
| Potenziale di ossidoriduzione                         | mV                                  | —                                       |                     | —                                                     |                    | Rapporto di ossidoriduzione o relativa variazione                 |
| COD (richiesta chimica di ossigeno)                   | mg O <sub>2</sub> /l                | —                                       |                     | —                                                     |                    | Consumo di ossigeno e rapporto di ossidoriduzione                 |
| Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup> | mg/l                                | —                                       |                     | —                                                     |                    | Rapporto di ossidoriduzione o relativa variazione                 |
| Concentrazione di ossigeno                            | mg O <sub>2</sub> /l                | —                                       |                     | —                                                     |                    | Valutazione qualitativa delle emissioni della discarica           |
| DOC                                                   | mg C/l                              | 40                                      | [5]                 | 1                                                     |                    | Consumo di ossigeno (BOD <sub>5</sub> ≈ 0,65 × DOC)               |
| BOD <sub>5</sub> (richiesta biochimica di ossigeno)   | mg O <sub>2</sub> /l                | 20                                      | OPAc                | nessuna misurazione                                   |                    | Consumo di ossigeno (in caso di immissione in acque superficiali) |
| Quantità di acqua d'infiltrazione                     | l/s                                 | —                                       |                     | —                                                     |                    | Parametro di controllo del campionamento                          |
| Livello di falda freatica                             | m s.l.m.                            | —                                       |                     | —                                                     |                    | Parametro di controllo del campionamento                          |
| Sostanze non disciolte, torbidità                     | FNU                                 | 20                                      | OPAc <sup>c)</sup>  |                                                       | <sup>c)</sup>      |                                                                   |
| Temperatura                                           | °C                                  | ≤ 30                                    | OPAc                | —                                                     |                    |                                                                   |
| Anioni e cationi                                      |                                     |                                         |                     |                                                       |                    |                                                                   |
| Ammonio <sup>d)</sup>                                 | mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l  | 5                                       | OSiti               | —                                                     |                    |                                                                   |
| Boro                                                  | mg B/l                              | 0,5                                     | [14]                | —                                                     |                    |                                                                   |
| Nitrito <sup>d)</sup>                                 | mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /l  | 1                                       | OPSR                | —                                                     |                    |                                                                   |
| Nitrato <sup>d)</sup>                                 | mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l  | 250                                     | <sup>e)</sup>       | 15                                                    |                    |                                                                   |
| Cloruro                                               | mg Cl <sup>-</sup> /l               | 2500                                    | <sup>e)</sup>       | 20                                                    | OPAc <sup>f)</sup> |                                                                   |
| Bromuro                                               | mg Br <sup>-</sup> /l               | —                                       |                     | —                                                     |                    | In caso di immissione in IDA (ozonizzazione)                      |
| Solfato <sup>d)</sup>                                 | mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l | 2500                                    | <sup>e)</sup>       | 20                                                    | OPAc <sup>f)</sup> |                                                                   |
| Fosfato <sup>g)</sup>                                 | mg P/l                              | —                                       |                     | —                                                     |                    | In caso di immissione in specchi d'acqua                          |
| Cianuro (libero)                                      | mg CN <sup>-</sup> /l               | 0,1                                     | OPAc                | 0,005                                                 | OSiti              |                                                                   |
| Altri anioni/cationi                                  | mg/l                                |                                         | <sup>h)</sup>       |                                                       | <sup>i)</sup>      |                                                                   |
| Metalli <sup>j)</sup>                                 |                                     |                                         |                     |                                                       |                    |                                                                   |
| Antimonio                                             | mg Sb/l                             | 0,1                                     | OSiti <sup>h)</sup> | 0,001                                                 | OSiti              |                                                                   |
| Arsenico                                              | mg As/l                             | 0,1                                     | OPAc                | 0,005                                                 | OSiti              |                                                                   |
| Cadmio                                                | mg Cd/l                             | 0,1                                     | OPAc                | 0,0005                                                | OSiti              |                                                                   |
| Cobalto                                               | mg Co/l                             | 0,5                                     | OPAc                | 0,2                                                   | OSiti              |                                                                   |

| Parametro                                         | Unità        | Acqua d'infiltrazione                |             | Acque sotterranee                                  |             | Osservazioni |
|---------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                                                   |              | Criterio esame principale (all. A-3) | Riferimento | Criterio esame principale (all. A-3) <sup>a)</sup> | Riferimento |              |
| Cromo                                             | mg Cr/l      | 2                                    | OPAc        | 0,005                                              | OPPD        |              |
| Cromo (VI)                                        | mg Cr (VI)/l | 0,1                                  | OPAc        | 0,002                                              | OSiti       |              |
| Mercurio                                          | mg Hg/l      | 0,01                                 | OSiti       | 0,0001                                             | OSiti       |              |
| Nichel                                            | mg Ni/l      | 2                                    | OPAc        | 0,07                                               | OSiti       |              |
| Piombo                                            | mg Pb/l      | 0,5                                  | OPAc        | 0,005                                              | OSiti       |              |
| Rame                                              | mg Cu/l      | 0,5                                  | OPAc        | 0,15                                               | OSiti       |              |
| Stagno                                            | mg Sn/l      | —                                    |             | 2                                                  | OSiti       |              |
| Zinco                                             | mg Zn/l      | 2                                    | OPAc        | 0,5                                                | OSiti       |              |
| <b>Inquinanti organici</b>                        |              |                                      |             |                                                    |             |              |
| COV (EPA 524)                                     | mg/l         | h) k)                                |             | j)                                                 |             |              |
| HC C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> <sup>m)</sup>  | mg/l         | l)                                   |             | 0,2                                                | OSiti       |              |
| HC C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> <sup>m)</sup> | mg/l         | l)                                   |             | —                                                  |             |              |
| PAH                                               | mg/l         | h)                                   |             | j)                                                 |             |              |
| PCB <sup>n)</sup>                                 | mg/l         | 0,001                                | OSiti       | 0,00001                                            | OSiti       |              |
| Fenoli                                            | mg/l         | —                                    |             | —                                                  |             | Alchilfenoli |

— Nessun criterio numerico definito.

a I requisiti si riferiscono all'aumento della concentrazione nelle acque sotterranee tra il settore a monte e a valle della discarica.

b Scostamento di 0,5 dallo stato naturale.

c **Acqua d'infiltrazione:** i requisiti per l'immissione secondo l'OPAc si riferiscono al tenore complessivo (non filtrato). Nel caso di campioni di acqua torbida, dalla filtrazione non deve risultare alcuna perdita di sostanze nocive. Per i campioni torbidi (torbidità >5 FNU) occorre dunque determinare in aggiunta il tenore complessivo di un campione non filtrato.

**Acque sotterranee:** per la determinazione dei metalli pesanti nelle acque sotterranee si applicano i requisiti dell'aiuto all'esecuzione «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» (UFAM, 2017) [7].

d Ammonio, nitrito, nitrato e solfato (e solfuro) sono parametri della serie di ossidriduzione nitrato ↔ ammonio e solfato ↔ solfuro. La ripartizione di questi parametri dipende dalle condizioni di ossidriduzione.

e I valori indicativi SO<sub>4</sub> e Cl (40 mg/l) non hanno necessariamente una base tossicologica. Da analisi effettuate è emerso che più della metà dell'acqua d'infiltrazione non rispetta il fattore di dieci volte questo valore indicativo; per il nitrato il problema si manifesta in misura minore. Viene dunque preso come riferimento il valore di 250 mg/l (rilevanza in termini di odore/corrosione) delle WHO Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO 2017). Le WHO Guidelines non propongono alcun health-based value né per il solfato né per il cloruro.

f Valutare gli anioni meno tossici con un fattore di 0,1 volte il valore indicativo, in maniera analoga alle regole per il valore di concentrazione, sarebbe sproporzionato. In riferimento a una discarica modello, un aumento pari alla metà del valore indicativo (20 mg/l) nelle acque sotterranee a valle corrisponde a una perdita di acqua d'infiltrazione del 5-10%.

g In caso di immissione diretta dell'acqua d'infiltrazione in laghi o di immissione in laghi attraverso IDA, le quantità di fosforo devono essere valutate tenendo conto del ricambio d'acqua del lago e della contaminazione di fondo.

h Dieci volte il valore indicativo per la qualità delle acque sotterranee secondo le «Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee» (UFAFP, 2004) [14].

i Il 50% del valore indicativo per la qualità delle acque sotterranee secondo le «Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee» (UFAFP, 2004) [14].

j Acque sotterranee: il 10% del valore di concentrazione secondo l'allegato 1 OSiti per ogni singola sostanza.

k La somma degli idrocarburi clorurati volatili è limitata a 0,5 mg/l; la somma degli idrocarburi alifatici e aromatici volatili (non alogenati) a 10 mg/l.

l  $\Sigma C_5-C_{40}$ : 10 mg/l.

m Idrosolubilità degli alcani: pentano C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>: 40 mg/l, esano C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>: 12 mg/l, decano C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>: 0,05 mg/l.

n  $\Sigma$  isomeri 28, 52, 101, 138, 153, 180 moltiplicati per il fattore 4,3.

#### Basi

##### Esigenze relative alla qualità delle acque sotterranee:

- Valori di concentrazione secondo l'ordinanza sui siti contaminati (all. 1 OSiti)
- Valori indicativi per le acque sotterranee secondo le «Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee» (UFAFP, 2004) [14]
- Esigenze relative alle acque sotterranee utilizzate come acqua potabile o previste a tale scopo (all. 2 n. 22 OPAc)

##### Condizioni per l'immissione in acque superficiali:

- Esigenze per l'immissione in un ricettore naturale (all. 3.3 n. 25 OPAc e all. 3.2 OPAc)
- Esigenze per l'immissione di acqua d'infiltrazione secondo l'aiuto all'esecuzione corrispondente (UFAM, 2012) [5]
- Condizioni per l'immissione di composti non menzionati né nell'allegato 3.3 numero 25 OPAc né nell'aiuto all'esecuzione «Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser» (UFAM, 2012) [5]: dieci volte il valore di concentrazione secondo l'allegato 1 OSiti (in applicazione dell'OSiti o sulla base del rischio derivante dalla diluizione nelle acque).

##### Esigenze relative alla qualità delle acque superficiali:

- Esigenze relative alla qualità dei corsi d'acqua (all. 2 n. 12 OPAc)
- Sistema modulare graduale secondo «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe» (UFAM, 2010) [3]



## A-5 Esame dettagliato, spiegazioni

### Contenuto e obiettivi di un esame dettagliato

L'esame principale permette di identificare aspetti che potrebbero determinare emissioni inammissibili anche in considerazione del sistema globale della discarica e della relativa area circostante. Nell'esame dettagliato, i possibili rischi della discarica sono stimati con l'aiuto di strumenti di previsione delle emissioni basati su scenari che tengono conto, per esempio, della probabilità di rottura dei sistemi tecnici della discarica. Nelle pagine seguenti viene quindi illustrato un possibile modo di procedere e vengono presentati alcuni strumenti.

L'obiettivo consiste nel quantificare i rischi e nel decidere se si devono adottare misure immediate. La procedura generale è schematizzata nella figura 9 del testo principale.

### Struttura della valutazione della pericolosità (secondo la fig. 9 del testo principale)

#### Inventario dei rifiuti

Per realizzare una previsione delle emissioni occorrono informazioni sulla qualità e la quantità dei rifiuti depositati (potenziale di sostanze nocive). In caso di lacune si devono formulare delle ipotesi. Le concentrazioni presenti nell'acqua d'infiltrazione permettono, a seconda dei casi, estrapolazioni plausibili delle concentrazioni di sostanze solide; può però accadere che determinate frazioni di rifiuti non siano visibili nell'acqua d'infiltrazione.

Se le categorie di materiale secondo l'OTR/OPSR (materiali inerti, sostanze residue e bioattive, scorie ecc.) sono state depositate separatamente, a seconda della composizione dei rifiuti possono risultare condizioni differenti (p. es. valore pH, potenziale di ossidoriduzione) nelle parti di discarica corrispondenti. In tal caso, i valori limite ammessi secondo l'OTR/OPSR potranno essere utilizzati come concentrazioni massime per le sostanze nocive.

In base all'età della discarica, la separazione prevista nell'OTR/OPSR non è però sempre garantita e bisogna mettere in conto che siano stati depositati anche rifiuti non conformi. Nelle vecchie discariche potrebbe dunque essere presente un inventario di rifiuti molto eterogeneo.

#### Parametri indicativi

I parametri indicativi determinanti per l'esame dettagliato dell'acqua d'infiltrazione sono riassunti nell'allegato A-2 (Monitoraggio della discarica, parametri di analisi).

Qualora si sospetti che nell'area circostante la discarica siano o fossero insediate attività di tipo artigianale o industriale, si dovrà valutare un ampliamento delle analisi dell'acqua d'infiltrazione nell'ambito dell'esame dettagliato.

#### Valutazione tecnica dei componenti del sistema

Il perito esegue una valutazione tecnica dei componenti del sistema: impermeabilizzazione della superficie, del fondo e dei fianchi e condutture di drenaggio. Può così stimare le probabilità di rottura ed elaborare diversi scenari relativi allo stato dei sistemi tecnici dopo la fase di manutenzione postoperatoria. Misurazioni integrative (p. es. misurazioni dell'assestamento) o accertamenti (p. es. perizie geotecniche) potrebbero risultare necessari. Possono presentarsi i casi seguenti:

- *rottura dell'impermeabilizzazione della superficie → aumento delle quantità di acqua d'infiltrazione,*
- *rottura dell'impermeabilizzazione del fondo → emissioni nel sottosuolo ed eventualmente nelle acque sotterranee,*
- *rottura delle condutture di drenaggio → emissioni nel sottosuolo ed eventualmente nelle acque sotterranee,*
- *scivolamento del corpo/frontera della discarica → emissioni nel sottosuolo ed eventualmente nelle acque sotterranee; emissioni di rifiuti nelle acque superficiali; danni alle opere della discarica.*

I risultati della valutazione tecnica dei componenti del sistema che rivestono importanza per la valutazione della pericolosità rappresentano gli scenari qualitativi e semi-quantitativi concernenti la formazione dell'acqua d'infiltrazione. Esempi:

- *la produzione di acqua d'infiltrazione rimane al livello attuale → status quo,*
- *rottura completa dei componenti del sistema → worst case,*
- *la produzione di acqua d'infiltrazione aumenta di un fattore  $x$  rispetto a oggi,*
- *ecc.*

Questi scenari vengono ripresi nella valutazione delle emissioni. Il loro numero deve essere limitato al fine di contenere i costi della valutazione. Scenari differenti offrono però una veduta d'insieme della sensibilità del sistema e quindi anche la possibilità di quantificare il rischio.

### Previsione sulle emissioni

#### *Modellizzazione dell'evoluzione futura dei carichi inquinanti*

Il contenuto della discarica potrebbe non essere ancora completamente stabilizzato. Un'infiltrazione di acque meteoriche in settori che finora hanno avuto pochi contatti con tali acque può accelerare processi di trasformazione come la biodegradazione (modifica del pH) o i processi chimici (esaurimento della capacità tampone a causa dell'infiltrazione di pioggia acida, dissoluzione di fasi secondarie). Inoltre possono essere emesse sostanze nocive la cui presenza ad oggi non è riscontrata nell'acqua d'infiltrazione.

Il risultato della previsione sulle emissioni è una stima dell'andamento della contaminazione dell'acqua d'infiltrazione come funzione del tempo.

Per stimare l'andamento della concentrazione di sostanze nocive nell'acqua d'infiltrazione si possono applicare diversi modelli. Se sono disponibili lunghe serie temporali di dati relativi all'acqua d'infiltrazione, occorrerà calibrare i modelli. L'allegato A-6 mette a disposizione gli strumenti di analisi delle tendenze necessari a tal fine.

Non tutti i metodi disponibili sono adatti per tutte le sostanze nocive o in tutte le situazioni. Di seguito vengono presentate possibili situazioni che richiedono l'utilizzo di modelli differenziati.

#### *Comportamento di assorbimento delle sostanze nocive*

Le sostanze nocive possono differire notevolmente nel loro comportamento di assorbimento e quindi anche nel comportamento di eluizione, il che influisce sulla scelta dello strumento di previsione:

- *composti non assorbenti come il cloruro o il solfato che presentano un assorbimento limitato alla materia organica proveniente dai rifiuti → modellizzazione relativa-*

*mente facile,*

- *composti organici che presentano un assorbimento importante alla materia organica proveniente dai rifiuti → modellizzazione con uno strumento come TransSim [6],*
- *metalli il cui assorbimento alla materia organica e alle superfici minerali dipende dal pH → modellizzazione impegnativa; sono richieste conoscenze tecniche di geochimica (cfr. anche Krümpelbeck 2000 [17], Laner 2010/11 [18], [19]).*

#### *Condizioni di sistema fisse/variabili*

In presenza di condizioni di sistema fisse si può lavorare con estrapolazioni delle tendenze (cfr. sotto). Se però le condizioni di sistema sono variabili, per esempio nel caso di meccanismi di rilascio modificati (variazione nella produzione di acqua d'infiltrazione, passaggio a condizioni aerobiche, calo significativo del valore pH), si dovrà ricorrere a modelli alternativi.

#### *Estrapolazioni delle tendenze*

- *Analisi dell'acqua d'infiltrazione con serie di dati disponibili su un lungo periodo*

Se sono disponibili serie di dati del monitoraggio dell'acqua d'infiltrazione riferite a un lungo periodo, è possibile utilizzare modelli ad hoc pubblicati per prevedere la qualità dell'acqua d'infiltrazione (p. es. Laner et al. 2011 [19]). Tali modelli possono essere applicati per i composti non assorbenti (cfr. all. A-6), ma non sempre funzionano per i metalli pesanti. La loro applicazione diventa ancora più complicata se la produzione di acqua d'infiltrazione cambia nel tempo.

- *Analisi dell'acqua d'infiltrazione con serie di dati disponibili su un breve periodo*

La concentrazione nell'acqua d'infiltrazione corrisponde in questo caso a un eluato «in situ» dei rifiuti entrati in contatto con l'acqua d'infiltrazione. Un test di eluizione virtuale consente di stimare a grandi linee il potenziale di sostanze nocive residue e modellizzare l'andamento futuro della contaminazione dell'acqua d'infiltrazione con sostanze nocive utilizzando modelli adeguati (p. es. TransSim).

- *Analisi dell'acqua d'infiltrazione inesistenti*

In questo caso il potenziale di sostanze nocive nel corpo della discarica deve essere stimato sommariamente sulla base dell'inventario dei rifiuti (p. es. contaminazione da sostanze nocive = concentrazione massima di sostanze solide ammessa secondo l'OPSR). In linea di principio si dovrà però valutare anche l'opportunità di completare questa stima con una campagna di misurazione.

Nei compartimenti per scorie si rileva nel lungo periodo un aumento delle concentrazioni di metalli pesanti successivo a un calo del pH. Per contro, con l'andare del tempo il valore pH si stabilizza nei compartimenti per materiali bioattivi, facendo calare le emissioni di ammonio e di DOC. Per quanto riguarda gli aspetti temporali delle diverse fasi di una discarica, la letteratura in materia non indica intervalli univoci. Per la maggior parte mancano valori empirici relativi alle discariche chiuse definitivamente da più di 25 anni. Le figure seguenti mostrano in forma schematica l'andamento della contaminazione da sostanze nocive nell'acqua d'infiltrazione delle discariche di tipo D (discariche/compartimenti per scorie) ed E (discariche/compartimenti per materiali bioattivi). L'evoluzione delle concentrazioni nelle figure è per forza di cose in parte modellizzata e deve dunque essere considerata con sguardo critico. Si rimanda alla letteratura citata per ulteriori spiegazioni.

#### *Vie di deflusso preferenziali*

Nei corpi delle discariche si formano vie di deflusso preferenziali ben definite. Se si rompe una copertura, possono essere raggiunte zone fino a quel momento poco interessate, il che può causare una mobilitazione degli inquinanti. Questo aspetto deve essere considerato nella modellizzazione delle emissioni.

#### *Scenari di incidente*

Se la discarica si trova in una zona soggetta a inondazioni, occorre considerare degli scenari di incidente.

In rari casi può accadere che il fondo della discarica sia inondato dalle acque sotterranee. Anche in questo caso si dovranno considerare degli scenari di incidente (cfr. esame principale, all. A-3.1/A-3.2, criteri B111 e C111).

#### **Rilevanza dei beni da proteggere**

Quando si tratta di emissioni delle discariche, i beni da proteggere rilevanti sono in genere le acque superficiali e le acque sotterranee. Le emissioni di polveri e di gas possono essere significative soprattutto in prossimità degli insediamenti. Secondo Laner et al. [19] l'aria è meno rilevante come bene da proteggere, in quanto dopo un periodo di manutenzione postoperatoria di 50 anni le emissioni di gas sono molto contenute. Il suolo è un bene da proteggere importante nel caso di incidenti e scivolamenti del corpo della discarica. Le emissioni di polveri richiedono una considerazione particolare.

In questa fase devono essere meglio precisati i beni da proteggere in questione (acque sotterranee: profondità, spessore della zona insatura, velocità di deflusso; acque superficiali: deflusso, distanza dalla discarica, qualità generale dell'acqua).

#### **Modellizzazione del trasporto di sostanze nocive al bene da proteggere**

Le sostanze nocive possono raggiungere il bene da proteggere attraverso processi di vario genere. Il perito deve dunque elaborare diversi scenari:

- *infiltrazione del percolato nelle acque sotterranee direttamente nel sito,*
- *infiltrazione del percolato in caso di rottura (mancanza di tenuta) delle condutture che conducono al corso d'acqua ricettore o all'impianto di depurazione,*
- *immissione del percolato in un corso d'acqua ricettore (dopo la fase di manutenzione postoperatoria, senza trattamento dell'acqua d'infiltrazione),*
- *inondazione del corpo della discarica,*
- *scivolamento del corpo della discarica in acque superficiali,*
- *ecc.*

In molti casi, le emissioni di sostanze nocive nelle acque sotterranee attraverso l'acqua d'infiltrazione sono il processo più rilevante. Con il modello di simulazione TransSim [6] sviluppato per formulare previsioni sull'acqua d'infiltrazione è possibile modellizzare il trasporto di sostanze nocive attraverso la zona insatura, come anche il trasporto all'interno delle acque sotterranee. TransSim è però poco adatto per i metalli pesanti.

Figura 5-1

Andamento del carico di inquinanti nell'acqua d'infiltrazione in discariche di tipo D (discariche per scorie) secondo [19] (schema)

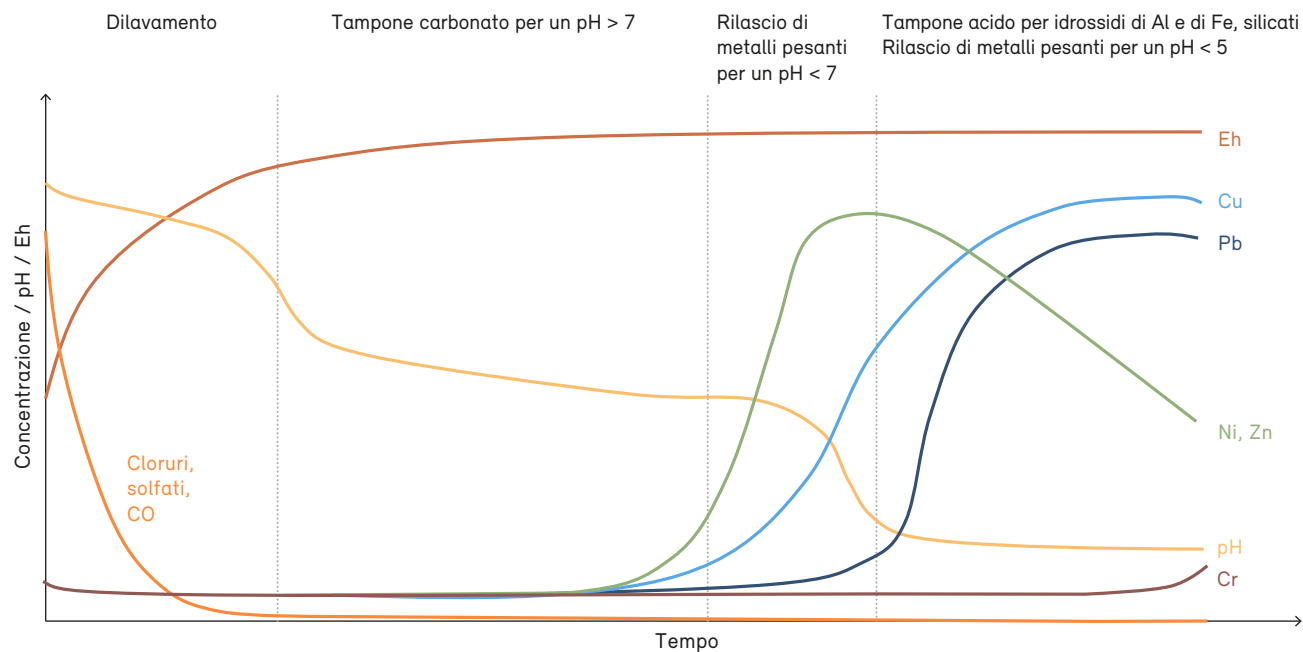
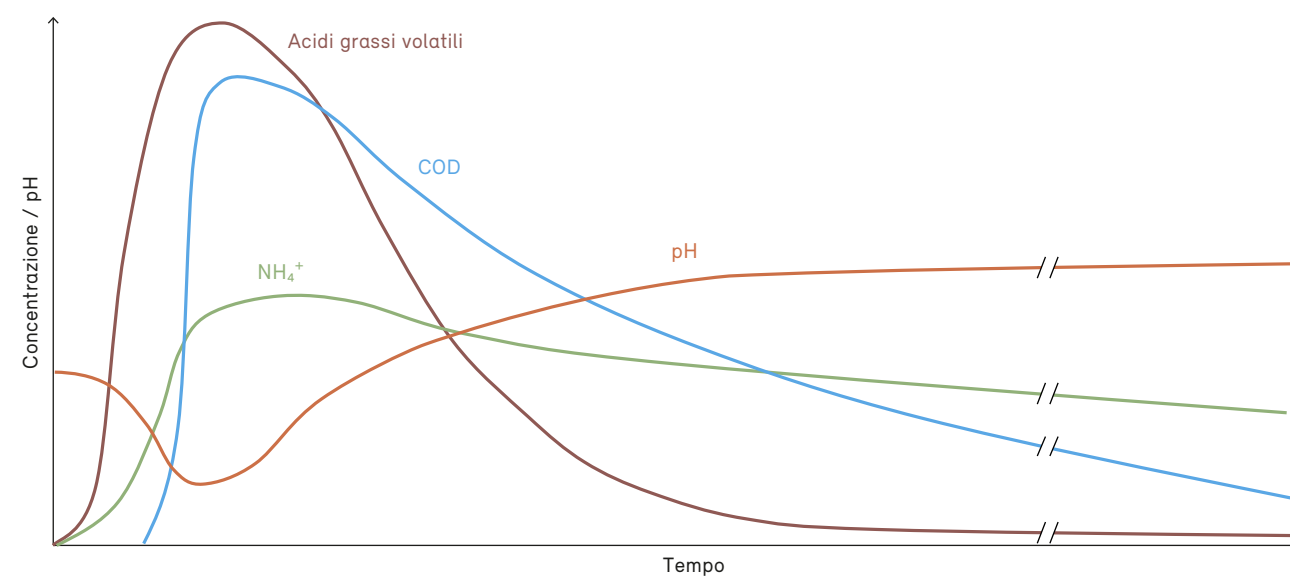


Figura 5-2

Andamento del carico di inquinanti nell'acqua d'infiltrazione in discariche di tipo E (discariche reattore) secondo [17] (schema)



Il trasporto dell'acqua d'infiltrazione al bene da proteggere è influenzato da processi di assorbimento, degradazione e diluizione. Le concentrazioni di sostanze inquinanti si riducono durante il trasporto fino ai beni da proteggere per effetto di processi di attenuazione naturale come l'assorbimento o la biodegradazione. L'efficacia di tali processi nel ridurre il carico di inquinanti dipende essenzialmente da fattori legati al sito. La zona insatura situata direttamente sotto la discarica può presentare una capacità tampone rispetto alle sostanze nocive e nella zona satura e insatura può innescarsi un efficace processo di biodegradazione. L'assorbimento può essere quantificato per mezzo di modelli appropriati, mentre la biodegradabilità può essere stimata solo in maniera approssimativa sulla base dei dati di misurazione del sito.

#### **Classificazione della pericolosità e valutazione generale**

Per classificare la pericolosità si confrontano le concentrazioni previste nei beni da proteggere con le concentrazioni tollerabili. Si può anche pensare di risalire alle concentrazioni massime possibili nell'acqua d'infiltrazione partendo dalle concentrazioni tollerabili nei beni da proteggere.

Nelle acque si applicano in particolare le esigenze dell'OPAc. Per le sostanze nocive senza valori limite, tali limiti devono essere dedotti dal perito [8].

La valutazione della pericolosità mostra se anche dopo la fase di manutenzione postoperativa si debbano mettere in conto effetti nocivi o molesti sull'ambiente. Sulla base dei settori problematici identificati nella discarica si dovranno elaborare all'occorrenza provvedimenti volti a ridurre il potenziale di pericolo, tenendo conto dei costi/benefici. Tali provvedimenti serviranno da base decisionale per l'autorità competente.

## **A-6 Analisi statistica dei dati**

### **Base di dati**

Al fine di poter formulare affermazioni fondate sulla pericolosità della discarica dopo la sua chiusura definitiva e dopo la fase di manutenzione postoperativa nell'ambito dell'esame principale e dell'esame dettagliato, occorre disporre di una serie di dati quanto più completa pos-

sibile. Nel testo principale dell'aiuto all'esecuzione sono definiti i requisiti per il monitoraggio.

Di seguito sono presentati alcuni strumenti statistici che servono da base per analizzare e interpretare i dati di monitoraggio disponibili. Data la natura molto individuale e diversificata delle serie di dati concernenti le discariche, in questa sede non verrà descritto alcun modo di procedere vincolante. *Spetta al perito analizzare adeguatamente i dati a disposizione.*

Sono rilevanti essenzialmente due tipi di analisi:

#### **a. Valutazione dello stato attuale**

- confronto delle concentrazioni nell'acqua d'infiltrazione con i requisiti numerici delle fasi d'esame,
- confronto delle concentrazioni nelle acque sotterranee con i requisiti numerici delle fasi d'esame; a tal fine occorre considerare i carichi presenti nelle acque sotterranee a monte.

#### **b. Analisi ed estrapolazioni delle tendenze da serie di misure su più anni**

- interpretazione dell'andamento delle tendenze negli ultimi anni,
- estrapolazione delle tendenze per il futuro.

### *Variazioni e valori erratici*

Le serie di dati concernenti l'acqua d'infiltrazione possono subire forti variazioni. Oltre ai valori erratici dovuti alle tecniche di misurazione (errori di misurazione, cfr. sotto), diversi aspetti possono influire sulle concentrazioni soprattutto nell'acqua d'infiltrazione (elenco non esaustivo):

- carichi significativi in caso di precipitazioni eccezionali (quantità d'acqua elevate possono causare effetti di diluizione),
- contatto con il fondo della discarica in caso di livelli molto alti della falda freatica,
- picchi temporanei dopo la compattazione dei rifiuti,
- cambiamento nella qualità dei rifiuti depositati,
- chiusura (parziale) di compartimenti,
- formazione di vie di deflusso preferenziali ecc.

Possono generarsi errori di misurazione per le ragioni seguenti:

- sonde e strumenti di laboratorio mal calibrati,
- errori di lettura e di trasmissione in laboratorio e sul terreno,
- misurazioni irregolari della frazione disciolta e particellare dei metalli pesanti,
- campionamento non accurato di composti volatili,
- effetti di matrice dovuti alla forte salinità dell'acqua d'infiltrazione ecc.

Per evitare una distorsione dei risultati causata da valori erratici o variazioni significative, sono ipotizzabili i modi di procedere seguenti:

- Plausibilizzazione del punto di dati: rapporti di analisi originali e informazioni tratte dai verbali di campionamento possono indicare la causa dei valori erratici.
- Utilizzo di valori mediani: il modo più semplice per compensare le dispersioni nelle serie di dati è sostituire le medie con le mediane.
- Eliminazione dei valori erratici: il test Q o test di Dixon permette di identificare statisticamente i valori erratici. Va però utilizzato con prudenza: i) può essere impiegato una sola volta per ogni serie di dati; ii) deve essere applicato soltanto per identificare i valori erratici e non per eliminarli. Un valore erratico identificato deve essere plausibilizzato.
- Medie mobili: l'utilizzo di medie mobili serve a livellare le serie di dati soggette a influssi stagionali (p. es. produzione di acqua d'infiltrazione e livello della falda freatica variabile in funzione della stagione). Non ha senso livellare serie di dati senza un'evidente periodicità; inoltre, con il livellamento si perdono punti di dati utili per i test statistici.
- Considerazione dei carichi piuttosto che delle concentrazioni: concentrazioni elevate di sostanze nocive possono andare di pari passo con livelli bassi della falda freatica nei mesi invernali (minore diluizione dell'acqua d'infiltrazione). Viceversa, quando il livello della falda freatica è alto, questa può raggiungere gruppi di sostanze nocive nella zona mista con un conseguente aumento delle concentrazioni. In tali casi è utile confrontare i carichi piuttosto che le concentrazioni.

I progressi della tecnica negli ultimi anni hanno consentito di abbassare continuamente i limiti analitici di determinazione. Può dunque accadere che in una serie di dati su

più anni i valori più recenti abbiano limiti di determinazione più bassi. Soprattutto per le specie organiche è quindi possibile che concentrazioni che una volta erano inferiori al limite di determinazione oggi invece lo superino. Se i limiti di concentrazione dei parametri superano i criteri dell'esame principale e non esistono misurazioni attuali con un limite inferiore, nell'ambito del monitoraggio futuro si dovranno eseguire almeno due misurazioni di controllo.

### Valutazione dello stato attuale

Secondo la procedura, le concentrazioni attuali nell'acqua d'infiltrazione e nelle acque sotterranee devono essere confrontate con i criteri numerici dell'esame principale.

#### Acqua d'infiltrazione

Un confronto dell'ultimo punto di dati misurato con il requisito di qualità è poco significativo. Più utile è un confronto con il valore mediano delle misurazioni degli ultimi tre o quattro anni. A tal fine si dovrà prima verificare l'esistenza di tendenze relative alla serie di dati (cfr. la sezione Analisi/estrapolazione delle tendenze).

#### Acque sotterranee

Per poter procedere al confronto delle concentrazioni a valle con i requisiti di qualità, bisogna prima detrarre le possibili contaminazioni a monte della discarica. A tal fine si calcola la differenza tra la mediana a monte e la mediana a valle (fig. 6-1). La mediana copre un periodo di monitoraggio di almeno tre o quattro anni.

I valori utilizzati per calcolare la mediana possono variare sensibilmente. Per tale ragione occorre chiarire in via preliminare se le due mediane sono molto diverse a livello statistico. In linea di principio le mediane potrebbero essere confrontate con un «test t». Poiché però le forti variazioni possono perturbare la statistica del test, si raccomanda di eseguire il test di Wilcoxon (*test della somma dei ranghi*), non parametrico e relativamente semplice. Diversamente dal «test t», il test della somma dei ranghi non lavora direttamente con i valori numerici dei punti di dati, bensì si limita a classificarli per grandezza. Non è dunque sensibile ai valori erratici né viene perturbato da leggere tendenze parallele a monte e a valle. Inoltre il test di Wilcoxon, diversamente dal «test t», non suppone alcuna distribuzione normale dei dati. Di seguito è ripor-



tato un esempio. Nella maggior parte dei casi non è però necessario alcun test poiché le mediane sono molto diverse (oppure il parametro rilevante non è presente a monte).

#### Analisi ed estrapolazioni delle tendenze

Analisi ed estrapolazioni delle tendenze sono strumenti importanti per prevedere il comportamento futuro di una discarica. La significatività di un'analisi delle tendenze non dipende solo dal numero di punti di dati ma anche dalla loro periodicità. Servono almeno sei punti di dati per avere un'analisi utile delle tendenze. Inoltre un'analisi delle tendenze dei dati degli ultimi tre anni è poco pertinente per una discarica degli anni Novanta. Il perito deve tenerne debitamente conto.

Le concentrazioni di sostanze nocive nel periodo di monitoraggio possono evidenziare le seguenti tendenze:

- **Tendenza A:** le concentrazioni di sostanze nocive superano il criterio di qualità.
- **Tendenza B:** le concentrazioni aumentano sensibilmente rispetto all'inizio del monitoraggio. È probabile che in futuro il criterio di qualità sarà superato.
- **Tendenza C:** le concentrazioni diminuiscono sensibilmente rispetto all'inizio del monitoraggio. È improbabile che in futuro il criterio di qualità sarà superato.
- **Tendenza D:** le concentrazioni di sostanze inquinanti non cambiano in misura sostanziale e restano a un livello basso.

Non sempre le tendenze sono così chiare come la tendenza C nella figura 6-2. Per avere la conferma statistica di una tendenza viene quindi eseguita un'analisi di regressione (cfr. l'esempio più sotto → Analisi delle tendenze).

#### Esempi

##### Test di Wilcoxon (test delle somme dei ranghi) per coppie di campioni

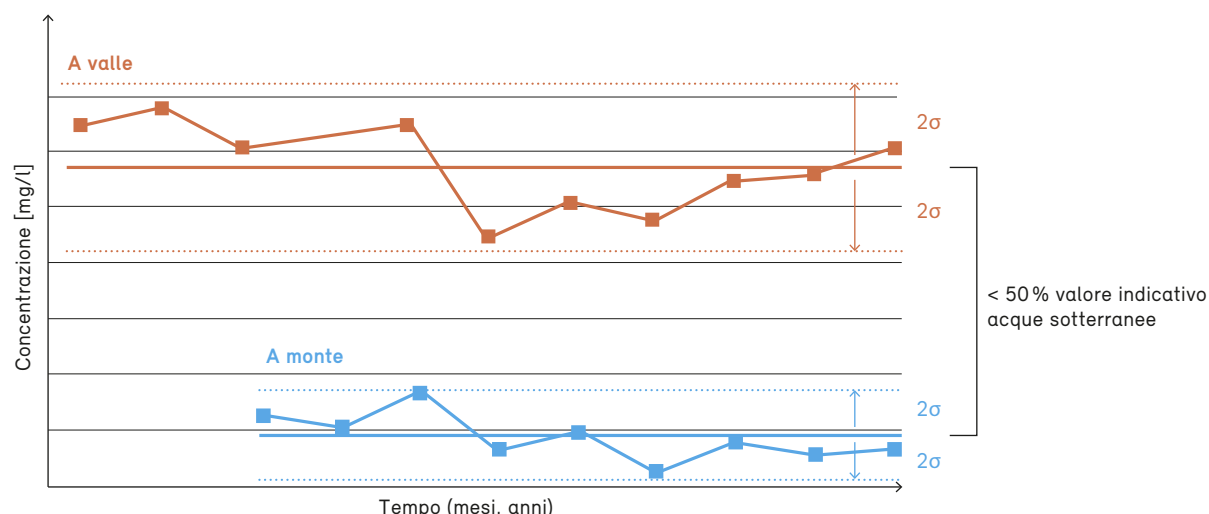
Per verificare se la concentrazione di un determinato composto a monte della discarica è statisticamente inferiore rispetto alla concentrazione a valle, il presente esempio propone un test con una coppia di campioni. La differenza tra le mediane può essere confrontata con i criteri di selezione delle fasi d'esame soltanto se le concentrazioni a monte e a valle sono nettamente diverse. Normalmente le concentrazioni di un composto a monte e a valle della discarica vengono misurate ogni anno più o meno nello stesso periodo.

Il test delle somme dei ranghi viene qui spiegato sulla scorta dell'esempio concreto delle concentrazioni di cloro (Cl) a monte e a valle di una discarica.

Situazione iniziale: le concentrazioni di Cl a monte e a valle della discarica sono state misurate più volte nel corso degli anni precedenti al fine di stimare il possibile influsso della discarica sulle acque sotterranee (fuoriuscite di acqua d'infiltrazione). La figura 6-3 mostra

Figura 6-1

Confronto delle acque sotterranee a monte e a valle (schema)



l'andamento della concentrazione di Cl a monte (blu) e a valle (arancione). Si tratta ora di stabilire, con l'ausilio di un test delle somme dei ranghi, se le concentrazioni di Cl a monte della discarica siano nettamente inferiori rispetto a quelle a valle. Le singole fasi sono descritte qui di seguito.

1) Definizione delle ipotesi del test

Prima di ogni test statistico si definiscono innanzitutto una cosiddetta ipotesi nulla e un'ipotesi alternativa, precisando cosa deve essere esaminato nel test. L'ipotesi nulla afferma spesso che tra i due gruppi da testare non vi sono differenze. Nell'esempio presente, ciò significa che le concentrazioni di Cl a monte e a valle della discarica sono uguali e che quindi la discarica non causa alcuna immissione supplementare di Cl nelle acque sotterranee.

Ipotesi nulla:  $H_0: C_{a\text{ monte}} = C_{a\text{ valle}}$

Le concentrazioni di Cl sono **identiche** a monte e a valle della discarica:  $\theta = 0$ .

A partire da una determinata soglia di probabilità (livello di significatività) l'ipotesi nulla viene respinta, lasciando come possibilità soltanto l'ipotesi alternativa. Nell'esempio presente si esaminerà se la concentrazione di Cl a valle è più elevata che a monte. L'ipotesi alternativa è dunque formulata nei termini seguenti:

Ipotesi alternativa:  $H_1: C_{a\text{ monte}} < C_{a\text{ valle}}$

Le concentrazioni di Cl a monte sono **più basse** di quelle a valle. La differenza  $\theta$  è dunque negativa.

2) Calcolo della differenza per ogni coppia di campioni

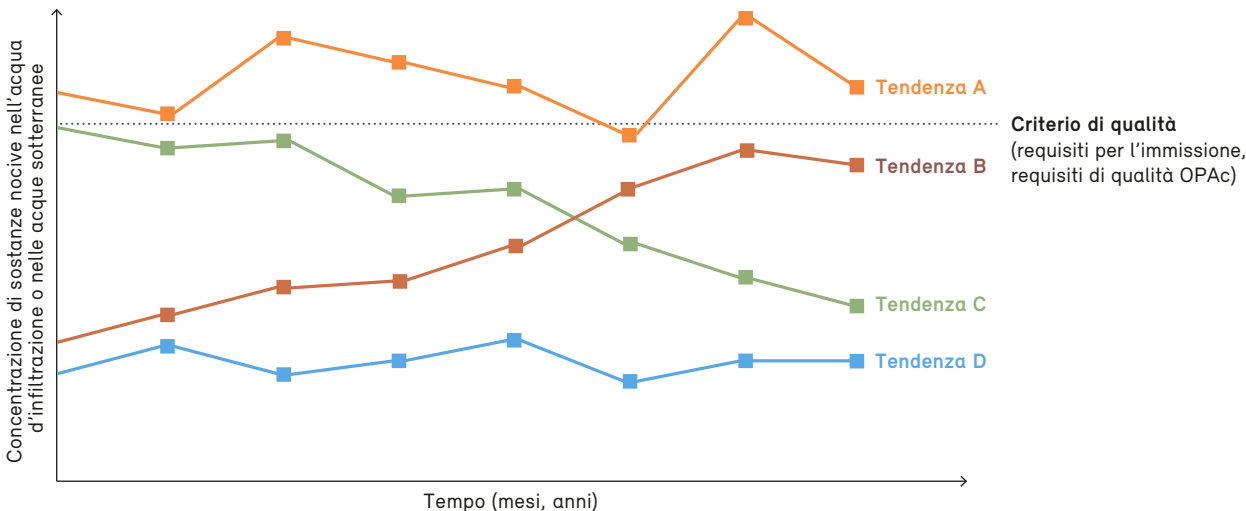
Tabella 6-1

Differenza di concentrazioni di Cl per ogni coppia di campioni

| Anno | Cloruro a monte (mg/l) | Cloruro a valle (mg/l) | Differenza |
|------|------------------------|------------------------|------------|
| 2000 | 22                     | 23                     | -1         |
| 2001 | 19                     | 40                     | -21        |
| 2002 | 16                     | 49                     | -33        |
| 2003 | 13                     | 25                     | -12        |
| 2004 | 12                     | 60                     | -48        |
| 2005 | 16                     | 16                     | 0          |
| 2006 | 16                     | 35                     | -19        |
| 2007 | 20                     | 50                     | -30        |
| 2008 | 20                     | 30                     | -10        |
| 2009 | 23                     | 22                     | 1          |
| 2010 | 18                     | 17                     | 1          |
| 2011 | 23                     | 24                     | -1         |

Figura 6-2

Possibili tendenze delle sostanze nocive nell'acqua d'infiltrazione o nelle acque sotterranee immediatamente a valle





### 3) Classificazione delle differenze calcolate

La fase successiva consiste nell'attribuire un rango a tutte le differenze. Per prima cosa il valore assoluto delle differenze viene disposto in ordine crescente, dopodiché viene attribuito un rango a ogni coppia di campioni (cfr. tab. 6-2).

**Tabella 6-2**

*Classificazione delle differenze assolute delle concentrazioni di Cl per ogni coppia di campioni*

| Anno | Cloruro a monte (mg/l) | Cloruro a valle (mg/l) | Differenza | Valore assoluto | Rango |
|------|------------------------|------------------------|------------|-----------------|-------|
| 2000 | 22                     | 23                     | -1         | 1               | 3,5   |
| 2001 | 19                     | 40                     | -21        | 21              | 9     |
| 2002 | 16                     | 49                     | -33        | 33              | 11    |
| 2003 | 13                     | 25                     | -12        | 12              | 7     |
| 2004 | 12                     | 60                     | -48        | 48              | 12    |
| 2005 | 16                     | 16                     | 0          | 0               | 1     |
| 2006 | 16                     | 35                     | -19        | 19              | 8     |
| 2007 | 20                     | 50                     | -30        | 30              | 10    |
| 2008 | 20                     | 30                     | -10        | 10              | 6     |
| 2009 | 23                     | 22                     | 1          | 1               | 3,5   |
| 2010 | 18                     | 17                     | 1          | 1               | 3,5   |
| 2011 | 23                     | 24                     | -1         | 1               | 3,5   |

Come mostrato nella tabella 6-2, diverse coppie di campioni presentano una differenza assoluta di 1. In questo caso, non essendovi alcuna progressione, i valori devono essere trattati allo stesso modo. A queste coppie di campioni viene pertanto attribuito un rango medio.

### 4) Calcolo della statistica di prova: attribuzione del segno e somma dei ranghi

La statistica di prova è il valore utilizzato in un test statistico per confermare o respingere l'ipotesi nulla. Per calcolare la statistica di prova del test dei ranghi con segno di Wilcoxon, viene innanzitutto associato a ogni rango il segno della differenza corrispondente (cfr. tab. 6-3). Tutti i ranghi positivi e tutti i ranghi negativi vengono quindi sommati separatamente per determinare le statistiche di prova  $W_+$  e  $W_-$ .

**Figura 6-3**

*Concentrazioni di cloruro nelle acque sotterranee a monte (blu) e a valle (arancione) di una discarica*

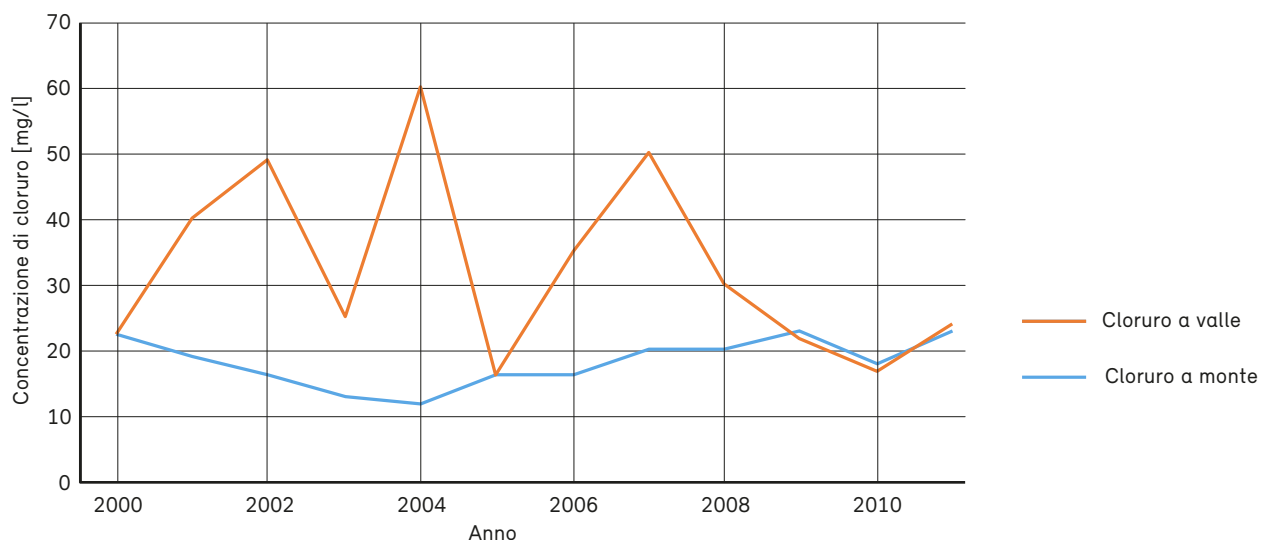


Tabella 6-3

Aggiunta del segno corrispondente ai ranghi definiti

| Anno | Cloruro a monte (mg/l) | Cloruro a valle (mg/l) | Differenza | Rango | Nuovo rango 1 |
|------|------------------------|------------------------|------------|-------|---------------|
| 2000 | 22                     | 23                     | -1         | -3,5  | -2,5          |
| 2001 | 19                     | 40                     | -21        | -9    | -8            |
| 2002 | 16                     | 49                     | -33        | -11   | -10           |
| 2003 | 13                     | 25                     | -12        | -7    | -6            |
| 2004 | 12                     | 60                     | -48        | -12   | -11           |
| 2005 | 16                     | 16                     | 0          | 1     |               |
| 2006 | 16                     | 35                     | -19        | -8    | -7            |
| 2007 | 20                     | 50                     | -30        | -10   | -9            |
| 2008 | 20                     | 30                     | -10        | -6    | -5            |
| 2009 | 23                     | 22                     | 1          | 3,5   | 2,5           |
| 2010 | 18                     | 17                     | 1          | 3,5   | 2,5           |
| 2011 | 23                     | 24                     | -1         | -3,5  | -2,5          |

<sup>1</sup> Correzione dovuta al fatto che i valori dell'anno 2005 sono identici (differenza = 0).

Se una o più differenze sono nulle, si può procedere nel modo seguente:

1. Il valore del rango è diviso per due e sommato per metà a  $W_+$  e per metà a  $W_-$ .
  2. La coppia di campioni non è tenuta in considerazione nel test e  $n$  è adattato di conseguenza (cfr. tab. 6-3).
- $W_+ = 2,5 + 2,5 = 5$

$$W_- = 2,5 + 8 + 10 + 6 + 11 + 7 + 9 + 5 + 2,5 = 61$$

Se l'ipotesi nulla (concentrazioni a monte = concentrazioni a valle) fosse corretta, entrambe le somme dei ranghi  $W_+$  e  $W_-$  dovrebbero avere lo stesso ordine di grandezza.

Per la determinazione del valore  $p$  (utilizzato per analizzare il test) si sceglie la statistica di prova ( $W_+$  o  $W_-$ ) con il valore più basso; in questo caso,  $W_+ = 5$ . La tabella 6-4 riporta i valori  $p$  per test unilaterali con un livello di significatività del 5%. Se il valore della statistica di prova (ossia  $W$ ) è inferiore al valore critico della tabella, l'ipotesi nulla può essere respinta. Nel caso presente  $W = 5$  e  $n = 11$  (il valore del 2005 è stato escluso);  $W < 13$ , per cui l'ipotesi nulla può essere respinta → le concentrazioni di Cl a monte della discarica sono statisticamente inferiori a quelle a valle.

Per la discarica ciò significa che si possono calcolare le mediane a partire per esempio dai dati degli ultimi tre o quattro anni. La differenza delle mediane a monte e a valle può ora essere confrontata con il criterio dell'esame principale per le acque sotterranee ( $\Delta 20 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ ).

Tabella 6-4

Il valore  $n$  corrisponde al numero di campioni dei due gruppi da testare, mentre  $W$  corrisponde al valore critico della statistica di prova. Questa tabella può essere utilizzata in tutti i casi.

| Numero di campioni (n) e valore critico della statistica di prova (W) |     |     |     |     |     |    |    |    |    |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| n                                                                     | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15  |
| W                                                                     | 2   | 3   | 5   | 8   | 10  | 13 | 17 | 21 | 25 | 30  |
| n                                                                     | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25  |
| W                                                                     | 35  | 41  | 47  | 53  | 60  | 67 | 75 | 83 | 91 | 100 |
| n                                                                     | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  |    |    |    |    |     |
| W                                                                     | 151 | 213 | 286 | 371 | 466 |    |    |    |    |     |

**Alternativa:** esecuzione del test della somma dei ranghi con il programma di statistica R

La maggior parte dei programmi di statistica contiene funzioni per eseguire il test di Wilcoxon. Nel programma di statistica R occorre procedere nel modo seguente:

Input:

```
> a=c(22,19,16,13,12,16,16,20,20,23,18,23)
> b=c(23,40,49,25,60,16,35,50,30,22,17,24)
> wilcox.test(a,b,alternative="less",paired=TRUE)
```

In R, l'ipotesi alternativa deve essere definita soltanto in caso di test unilaterale (qui: alternativa = «less»), altrimenti sarà eseguito di default un test bilaterale.

Output:

```
data: a and b
v = 5, p-value = 0.007001
alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

Con il programma R, nell'esempio presente si può ugualmente respingere l'ipotesi nulla. Il valore  $p$  è pari a 0,007.

#### Esempio di analisi delle tendenze (regressione lineare)

Nei paragrafi seguenti è descritta passo per passo un'analisi delle tendenze con Excel, prendendo ad esempio le concentrazioni di solfati nell'acqua d'infiltrazione. Si tratta di esaminare se le concentrazioni di solfati (variabile

dipendente) nell'acqua d'infiltrazione subiscono variazioni statisticamente significative nel corso del tempo (variabile indipendente) e se esiste quindi una tendenza. La figura 6-4 mostra i dati utilizzati per questo esempio. L'asse y rappresenta la concentrazione di solfato in mg/l mentre l'asse x esprime il tempo in anni.

Il test si articola in due fasi: 1) occorre elaborare un modello lineare; 2) è necessario verificare se la pendenza diverge in misura significativa da 0 (tendenza progressiva o regressiva).

#### 1) Elaborazione di un modello matematico

La prima fase di una regressione lineare consiste nel formulare un'equazione per i dati misurati. La formula per un modello lineare è in genere la seguente:

$$Y = aX + b$$

dove  $a$  corrisponde alla pendenza delle rette e  $b$  all'intercetta all'origine. Poiché i dati ambientali (qui la concentrazione di solfati nell'acqua d'infiltrazione) seguono spesso una distribuzione log-normale, la presente serie di dati viene innanzitutto logaritmicizzata (fig. 6-5).

Al fine di determinare i parametri  $a$  e  $b$  nel modo più preciso possibile partendo dai dati disponibili, in statistica si

utilizza spesso il metodo di stima dei *minimi quadrati*. Excel permette di eseguire i calcoli necessari. A tal fine occorre selezionare i punti di misura nel grafico, quindi cliccare con il pulsante destro e selezionare l'opzione «Aggiungi linea di tendenza». A questo punto si apre una finestra che permette di scegliere tra diverse opzioni di linea di tendenza. Per una regressione lineare selezionare l'opzione «lineare» e quindi le opzioni «Visualizza l'equazione sul grafico» e «Visualizza il valore R quadrato sul grafico». La figura 6-5 mostra la retta ottenuta con i parametri  $a$  e  $b$  corrispondenti.

#### 2) Test statistico per i parametri stimati

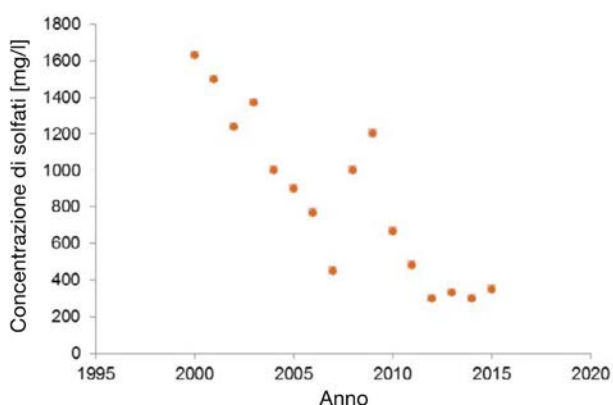
In un secondo momento occorre stabilire se la pendenza della regressione è significativamente diversa da 0. Come nel test di Wilcoxon, anche qui bisogna dapprima definire un'ipotesi nulla, un'ipotesi alternativa e un livello di significatività. L'ipotesi del test è formulata come segue:

Ipotesi nulla  $H_0$ :  $a = 0$

La pendenza  $a$  è pari a 0 e quindi non esiste alcuna correlazione statisticamente significativa tra  $X$  e  $Y$  e non vi è dunque alcuna tendenza.

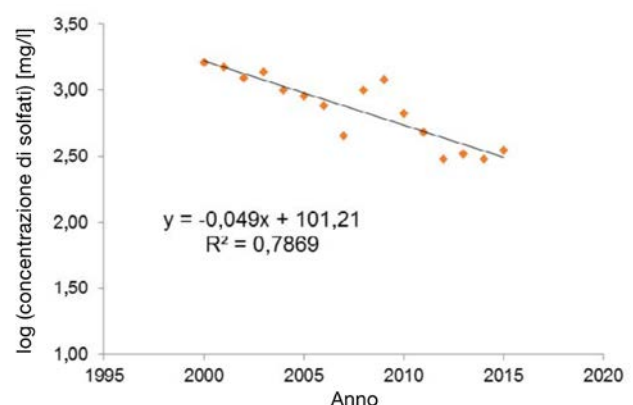
**Figura 6-4**

Evoluzione temporale della concentrazione di solfati (mg/l) nell'acqua d'infiltrazione di una discarica.



**Figura 6-5**

Utilizzando i parametri  $a = -0,049$  e  $b = 101,2$ , i punti di dati (log delle concentrazioni di solfati in mg/l) sono posizionati in modo tale che la somma degli scostamenti al quadrato è minimizzata fino a formare una retta.



Ipotesi alternativa  $H_1$ :  $a \neq 0$

La pendenza  $a$  è superiore o inferiore a 0, per cui esiste una relazione significativa tra  $X$  e  $Y$ . Si tratta qui di un test bilaterale.

Il livello di significatività è definito come  $\alpha = 5\%$ . L'ipotesi nulla viene quindi respinta se il valore  $p$  è inferiore a 0,05. Per calcolare il valore  $p$  viene eseguito un «test  $t$ ». Trattandosi di un test piuttosto impegnativo a livello matematico, questo non viene descritto più approfonditamente in questa sede. In pratica, il valore  $p$  può essere ottenuto in tutta semplicità utilizzando il componente aggiuntivo di analisi di Excel.

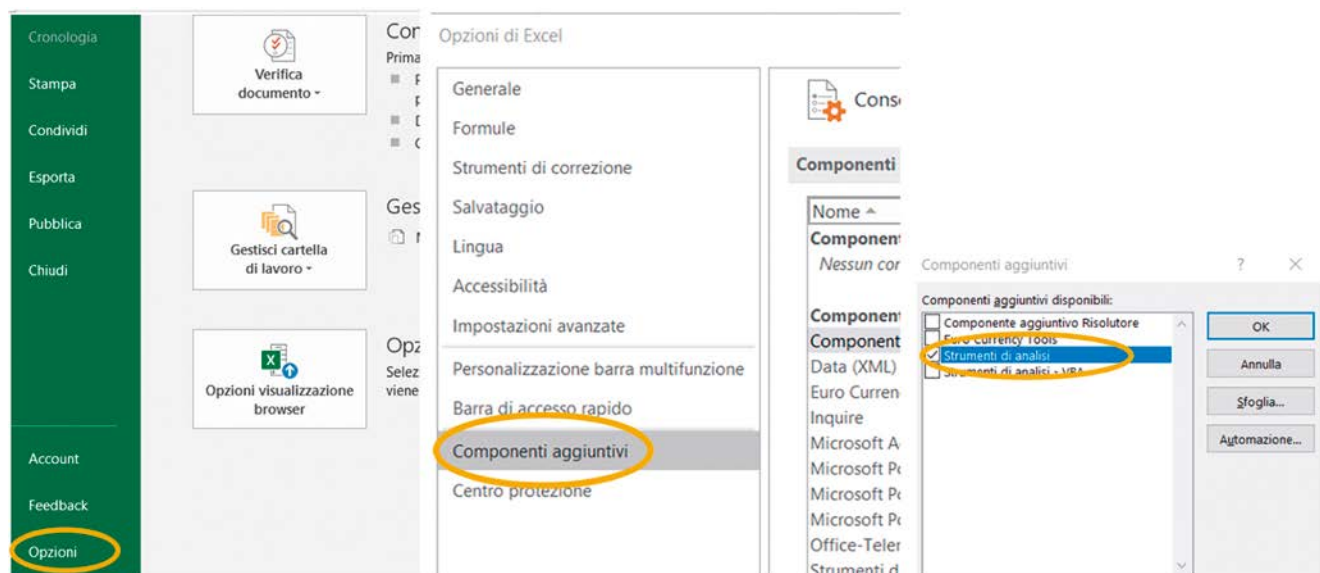
Il componente aggiuntivo di analisi non è attivato di default in Excel ma può essere aggiunto nel modo seguente:

1. Aprire Excel.
2. Nella scheda «File» cliccare su «Opzioni».

1. Si apre quindi una finestra denominata «Opzioni di Excel». Cliccare su «Componenti aggiuntivi».
2. In «Gestisci» selezionare «Componenti aggiuntivi di Excel» e cliccare su «Vai...».
3. Nella finestra di dialogo «Componenti aggiuntivi» selezionare «Strumenti di analisi».
4. Nella scheda «Dati» apparirà quindi in alto a destra un nuovo simbolo con la scritta «Analisi dati».

**Figura 6-6**

*Inserimento del componente aggiuntivo di analisi in tre fasi, da sinistra a destra.*



Per eseguire l'analisi statistica dei dati occorre procedere come segue:

1. Cliccare sul nuovo simbolo «Analisi dati».
2. Nella finestra «Strumenti di analisi» che si apre selezionare la funzione «Regressione».
3. Nel campo «Intervallo di input Y» selezionare le concentrazioni logaritmizzate di solfati nell'acqua d'infiltrazione (variabile dipendente) e nel campo «Intervallo di input X» gli anni (il tempo è la variabile indipendente). È importante selezionare anche il titolo delle rispettive colonne e spuntare la casella «Etichette». Quindi cliccare su OK.
4. Si aprirà un nuovo foglio con l'analisi statistica.

Figura 6-7

Pulsante «Analisi dati»

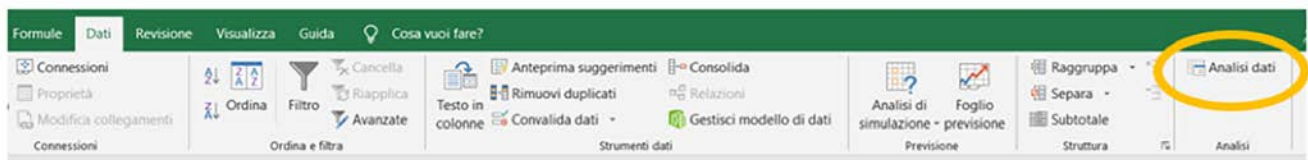


Figura 6-8

Esecuzione di una regressione lineare, fase 1

| Anno | Concentrazione di solfati [mg/l] | Log (concentrazione di solfati) [mg/l] |
|------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 2000 | 1630                             | 3.21                                   |
| 2001 | 1500                             | 3.18                                   |
| 2002 | 1240                             | 3.09                                   |
| 2003 | 1370                             | 3.14                                   |
| 2004 | 1000                             | 3.00                                   |
| 2005 | 900                              | 2.95                                   |
| 2006 | 770                              | 2.89                                   |
| 2007 | 450                              | 2.65                                   |
| 2008 | 1000                             | 3.00                                   |
| 2009 | 1200                             | 3.08                                   |
| 2010 | 670                              | 2.83                                   |
| 2011 | 480                              | 2.68                                   |
| 2012 | 300                              | 2.48                                   |
| 2013 | 330                              | 2.52                                   |
| 2014 | 300                              | 2.48                                   |
| 2015 | 350                              | 2.54                                   |

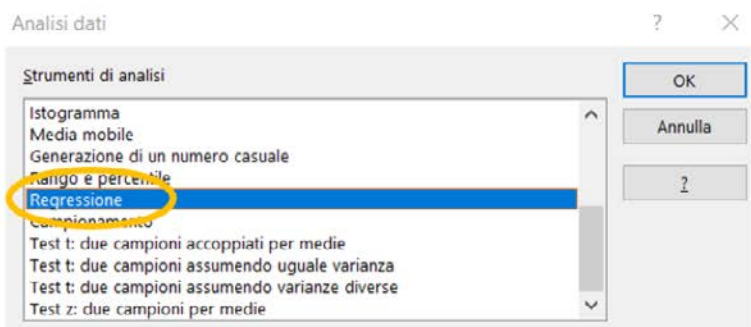


Figura 6-9

Esecuzione di una regressione lineare, fase 2

| Anno | Concentrazione di solfati [mg/l] | Log (concentrazione di solfati) [mg/l] |
|------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 2000 | 1630                             | 3.21                                   |
| 2001 | 1500                             | 3.18                                   |
| 2002 | 1240                             | 3.09                                   |
| 2003 | 1370                             | 3.14                                   |
| 2004 | 1000                             | 3.00                                   |
| 2005 | 900                              | 2.95                                   |
| 2006 | 770                              | 2.89                                   |
| 2007 | 450                              | 2.65                                   |
| 2008 | 1000                             | 3.00                                   |
| 2009 | 1200                             | 3.08                                   |
| 2010 | 670                              | 2.83                                   |
| 2011 | 480                              | 2.68                                   |
| 2012 | 300                              | 2.48                                   |
| 2013 | 330                              | 2.52                                   |
| 2014 | 300                              | 2.48                                   |
| 2015 | 350                              | 2.54                                   |

Regressione

Input

Intervallo di input Y:

Intervallo di input X:

☒ Etichette

☐ Livello di confidenza  %

Opzioni di output

☐ Intervallo di output:

☒ Nuovo foglio di lavoro:

☐ Nuova cartella di lavoro

Residui

☐ Residui

☐ Residui standardizzati

☐ Tracciati dei residui

☐ Tracciati delle approssimazioni

Probabilità normale

☐ Tracciati delle probabilità normali

OK

Annulla

?

Excel ha eseguito un «test t» per la pendenza  $a$ , aggiunto l'intercetta all'origine  $b$  e calcolato per ogni parametro una statistica  $t$  separata e un valore  $p$ . Particolarmente interessante in questa analisi delle tendenze è il valore  $p$  della pendenza, in quanto da questo dipende l'accettazione o il rigetto dell'ipotesi nulla ( $\alpha = 0$ ). Nel nostro esempio, il valore  $p$  è  $4,639 \times 10^{-6}$  ed è nettamente inferiore al livello di significatività di 0,05. Ciò vuol dire che l'ipotesi nulla può essere respinta e che dal test eseguito si può concludere che la concentrazione di solfati nell'acqua d'infiltrazione della discarica cala in misura significativa con l'andare del tempo. Vi è dunque una tendenza regressiva.

Figura 6-10

Rapporto dettagliato della regressione lineare

| OUTPUT RIEPILOGO             |              |                 |        |                           |                   |               |
|------------------------------|--------------|-----------------|--------|---------------------------|-------------------|---------------|
| Statistica della regressione |              |                 |        |                           |                   |               |
| R multiplo                   | 0.89         |                 |        |                           |                   |               |
| R al quadrato                | 0.79         |                 |        |                           |                   |               |
| R al quadrato corretto       | 0.77         |                 |        |                           |                   |               |
| Errore standard              | 0.13         |                 |        |                           |                   |               |
| Osservazioni                 | 16           |                 |        |                           |                   |               |
| ANALISI VARIANZA             |              |                 |        |                           |                   |               |
|                              | gdf          | SS              | MO     | F                         | Significatività F |               |
| Regressione                  | 1            | 0.82            | 0.82   | 51.69                     | 4.63934E-06       |               |
| Residuo                      | 14           | 0.22            | 0.02   |                           |                   |               |
| Totale                       | 15           | 1.04            |        |                           |                   |               |
|                              | Coefficienti | Errore standard | Stat t | Valore di significatività | Inferiore 95%     | Superiore 95% |
| Intercetta                   | 101.21       | 13.68           | 7.40   | 3.3607E-06                | 71.87             | 130.55        |
| Anno                         | -0.05        | 0.01            | -7.19  | 4.63934E-06               | -0.06             | -0.03         |

## A-7 Contenuto della documentazione d'esame

### Esame preliminare

- Informazioni sul sito e indicazioni relative alla discarica e al suo esercizio, indicazione delle domande aperte e/o della documentazione mancante. Tenere conto dei dati di base disponibili secondo l'allegato A-1.
- Breve valutazione dei risultati dell'esame da parte del perito: esistenza di un caso non critico secondo i criteri indicati nel capitolo 3.2.
- Raccomandazione del perito al servizio specializzato cantonale sull'ulteriore procedura.

### Esame principale

- Informazioni sul sito e indicazioni relative alla discarica e al suo esercizio, nel quadro della considerazione in generale, sotto forma di tabella, documentazione/indicazione verificabile dei riferimenti alle informazioni e ai fatti menzionati, indicazione delle domande aperte e/o della documentazione mancante. Tenere conto dei dati di base completi secondo l'allegato A-1.
- Indicazioni relative ai criteri dell'esame principale completo secondo gli allegati A-3.1 e A-3.2 sotto forma di tabella.
- Discussione delle correlazioni tra i criteri dell'esame principale completo secondo le spiegazioni relative all'esame principale/matrice di valutazione (all. A-3) e discussione approfondita e verificabile dei criteri «gialli».
- Breve valutazione dei risultati dell'esame da parte del perito: autorizzazione della discarica secondo i criteri degli allegati A-3, A-3.1/3.2.
- Raccomandazione del perito al servizio specializzato cantonale sull'ulteriore procedura ed eventualmente sulle misure da adottare.

### Esame dettagliato

Il perito redige un rapporto sulla valutazione della pericolosità nell'ambito dell'esame dettagliato secondo il capitolo 3.4. Il rapporto si concentra sulla modellizzazione di scenari e sui punti deboli del sistema della discarica identificati durante l'esame principale. Una documentazione accurata dell'esame dettagliato comprende almeno gli elementi seguenti:

- valutazione del potenziale dell'inquinante,
- valutazione tecnica dei componenti del sistema (eventuale indicazione della probabilità di rottura/delle previsioni in diversi scenari [status quo, worst case, best case ecc.]),
- previsione sulle emissioni dell'acqua d'infiltrazione,
- trasporto di sostanze nocive nell'area circostante la discarica,
- valutazione della pericolosità per i beni da proteggere,
- valutazione generale (sintesi delle conclusioni, stima della portata finanziaria del rischio, proposta di misure, raccomandazioni all'attenzione dell'autorità).