



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,  
dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Ufficio federale dell'ambiente UFAM**

Aiuto all'esecuzione UV-1826/10

# Discariche sotterranee

Un modulo della guida relativa all'ordinanza  
sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti  
(ordinanza sui rifiuti, OPSR)

Stato: [mm/aaaa], valido dal 202X  
Versioni precedenti:  
Nessuna

Basi legali:  
LPAmb art. 30e e 30h  
OPSR art. 35 e seg. e allegato 2

Allegato 1: Lista di controllo delle prove

## Settori specialistici interessati

Acque	Aria	Biodiversità	Biotecnologia	Bosco e legno	Clima	Diritto	EIA	Elettrosogno e luce	Incidenti rilevanti	Paesaggio	Pericoli naturali	Prodotti chimici	Rifiuti •	Rumore	Siti contaminati	Suolo
-------	------	--------------	---------------	---------------	-------	---------	-----	---------------------	---------------------	-----------	-------------------	------------------	-----------	--------	------------------	-------

## 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 ammesse soluzioni alternative, purché 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).

### Con il contributo di

Materiali di costruzione circolari Svizzera, Dr. von Moos AG, Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Associazione svizzera dei dirigenti e gestori degli impianti di trattamento dei rifiuti (ASIR)

### Link per scaricare il PDF

<https://www.bafu.admin.ch/aiuti-esecuzione-rifiuti>

La versione cartacea non può essere ordinata.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese.

La lingua originale è il tedesco.

**Indice**

1.1	Scopo .....	4
1.2	Campo di applicazione .....	4
1.3	Basi legali .....	4
1.4	Basi di progettazione .....	5
1.5	Glossario .....	5
2.1	Protezione delle acque e pericoli naturali.....	7
2.2	Sottosuolo e massiccio roccioso .....	7
3.1	Descrizione del sistema.....	8
3.2	Rapporti di sicurezza .....	8
3.2.1	Fase di esecuzione e di esercizio.....	8
3.2.2	Fase successiva alla durata di utilizzazione.....	9
3.2.3	Prove .....	9
3.3	Impermeabilizzazione .....	10
3.4	Separazione dei compartimenti .....	10
3.5	Drenaggio e ventilazione .....	10
3.5.1	Afflussi di acqua .....	11
3.5.2	Drenaggio .....	11
3.5.3	Gas e ventilazione .....	12
3.6	Chiusura .....	12
4.1	Fase di esercizio.....	15
4.1.1	Controllo dei rifiuti .....	15
4.1.2	Sicurezza sul lavoro .....	15
4.2	Manutenzione postoperatoria .....	15
	Lista di controllo delle prove.....	17

## 1 Introduzione

### 1.1 Scopo

La parte «Discariche sotterranee» del modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'OPSR funge da base per la valutazione di progetti nell'ambito della realizzazione di discariche sotterranee previa approvazione dell'UFAM.

I requisiti tecnici di base posti alle opere di costruzione delle discariche sono formulati nell'allegato 2 OPSR<sup>1</sup>. La Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) ha elaborato quale base normativa in questo ambito la norma SIA<sup>2</sup> 203 concernente la costruzione di discariche, che comprende principi sulla progettazione e sull'esecuzione di lavori di costruzione, lavori di sostituzione e lavori in vista della chiusura di discariche. Sia l'allegato 2 OPSR che la norma SIA 203 si riferiscono alle discariche in superficie e non a quelle sotterranee.

Questa parte del modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'OPSR presenta le prove da fornire affinché l'UFAM approvi la realizzazione di una discarica sotterranea conformemente all'allegato 2 OPSR. Sono specificate le deroghe ai requisiti OPSR esistenti, che derivano dalle condizioni differenti delle discariche in superficie e di quelle sotterranee. Inoltre, sono elencati i punti fondamentali delle basi normative da applicare.

### 1.2 Campo di applicazione

Questa parte del modulo dell'aiuto all'esecuzione concernente l'OPSR si riferisce soltanto alle discariche vicine alla superficie, che consistono in trafori sotterranei, e a cambiamenti di destinazione della rimozione di materiale roccioso in prossimità della superficie (siti di estrazione di materiali). Sono considerate opere di costruzione in prossimità della superficie le opere di costruzione con una copertura pari a circa due volte il diametro delle stesse.

In linea di principio, le ubicazioni vanno scelte in modo tale che le acque di scarico non ristagnino e possano sgorgare liberamente fino al luogo di immissione in un corso d'acqua o nella canalizzazione pubblica.

Questa parte del modulo non considera le discariche più in profondità con una copertura spessa comprendente strati di rocce impermeabili, ad esempio le discariche in cupole saline o i depositi per scorie radioattive in strati geologici profondi.

### 1.3 Basi legali

A differenza delle discariche in superficie, conformemente all'articolo 36 capoverso 2 OPSR, le discariche sotterranee possono essere realizzate soltanto previa approvazione dell'UFAM indipendentemente dal volume utilizzabile.

Le discariche di tipo E non possono essere sotterranee. Altre discariche possono essere sotterranee, previa approvazione dell'UFAM, se:

- a) *i rifiuti sono depositati in cavità stabili fino alla fine della fase di manutenzione postoperativa;*
- b) *si fornisce la prova che le discariche, con eccezione di quelle di tipo A, non deteriorano l'ambiente fino al termine della fase di manutenzione postoperativa;*

<sup>1</sup> Ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (ordinanza sui rifiuti, OPSR; RS **814.600**)

<sup>2</sup> Tutte le norme SIA menzionate nel presente documento sono indicate nell'elenco delle basi legali.

- c) trattandosi di discariche di tipo D, vi sono depositate esclusivamente scorie provenienti da impianti nei quali vengono inceneriti rifiuti urbani o rifiuti di composizione analoga e viene impedita la formazione di gas mediante misure idonee.

Fatta eccezione per questi requisiti specifici, per le discariche sotterranee valgono gli stessi requisiti delle discariche in superficie.

## 1.4 Basi di progettazione

In generale nella fase di progettazione è necessario conoscere il contesto geologico e idrogeologico, le quantità di rifiuti previste e la relativa composizione nonché il potenziale inquinante e di emissione. Ciò consentirà di garantire a lungo termine la compatibilità ambientale dei potenziali flussi delle sostanze dalle discariche all'ambiente durante la fase di realizzazione, di esercizio e di manutenzione postoperativa e successivamente. In questo contesto occorre coordinare l'ubicazione, il sistema tecnico di impermeabilizzazione e di drenaggio e i rifiuti consentiti per la discarica, rispettando i requisiti minimi stabiliti per legge.

## 1.5 Glossario

### **Acque d'infiltrazione**

Acque sotterranee provenienti dal massiccio roccioso che penetrano nella cavità e hanno effetto chimico o fisico sul rivestimento (secondo SIA 198).

### **Acque sotterranee**

Acque al di sotto della superficie del terreno che riempiono completamente e in modo interdipendente i pori, le fessure o le cavità del massiccio roccioso (secondo SIA 198).

### **Analisi strutturale**

Determinazione degli effetti delle azioni per l'intera struttura portante o per i singoli elementi, basata su un modello strutturale o all'occorrenza fatta per gradi utilizzando più modelli di calcolo (secondo SIA 260).

### **Capacità di rigonfiamento**

Capacità della roccia di aumentare il proprio volume tramite l'assorbimento di acqua (secondo SIA 199).

### **Caverna**

Costruzione sotterranea di grande sezione e di lunghezza relativamente corta (secondo SIA 198).

### **Discontinuità**

Interruzione della continuità del massiccio roccioso, comprese le fessure, le superfici di stratificazione, le perturbazioni e i piani di scistosità (secondo SIA 199).

### **Drenaggio**

Misure per captare e smaltire le acque d'infiltrazione e il percolato di discarica (secondo SIA 198).

### **Efficienza funzionale**

Capacità di una struttura portante e dei suoi elementi di garantire la funzionalità, l'aspetto della costruzione e il comfort degli utilizzatori secondo i limiti di servizio (secondo SIA 260).

### **Massiccio roccioso**

Insieme delle rocce, del materiale roccioso e del materiale sciolto che circonda la costruzione sotterranea, comprese le discontinuità e le cavità (secondo SIA 199).

### **Modello strutturale**

Delimitazione e schematizzazione del sistema portante effettuate per l'analisi strutturale (secondo SIA 260).

### **Opera di costruzione**

Opera risultante da lavori di costruzione. In genere è composta da una struttura portante e da elementi strutturali non portanti (secondo SIA 260).

### **Percolato di discarica**

Acqua che filtra attraverso il corpo della discarica in base alla legge di gravità.

### **Resistenza**

Capacità di una struttura portante e dei suoi elementi di contrastare le azioni durante l'esecuzione e l'utilizzazione (secondo SIA 260).

### **Resistenza ultima**

Limite della resistenza (secondo SIA 260).

### **Sicurezza strutturale**

Capacità di una struttura portante e dei suoi elementi di garantire la stabilità globale nonché una resistenza ultima sufficiente (compresa la sicurezza alla fatica) per le azioni da considerare nel rispetto dell'affidabilità richiesta (secondo SIA 260).

### Sistema strutturale

Insieme degli elementi strutturali di una struttura portante e modalità d'interazione fra gli stessi (secondo SIA 260).

### Struttura portante

Insieme degli elementi strutturali e del terreno di fondazione necessari per l'equilibrio e il mantenimento della forma di una costruzione (secondo SIA 260).

### Ventilazione

Impianti che servono per l'approvvigionamento di aria fresca durante il giorno; garanzia della protezione della salute e dell'idoneità all'utilizzo dei lavoratori e delle macchine (secondo SIA 196).

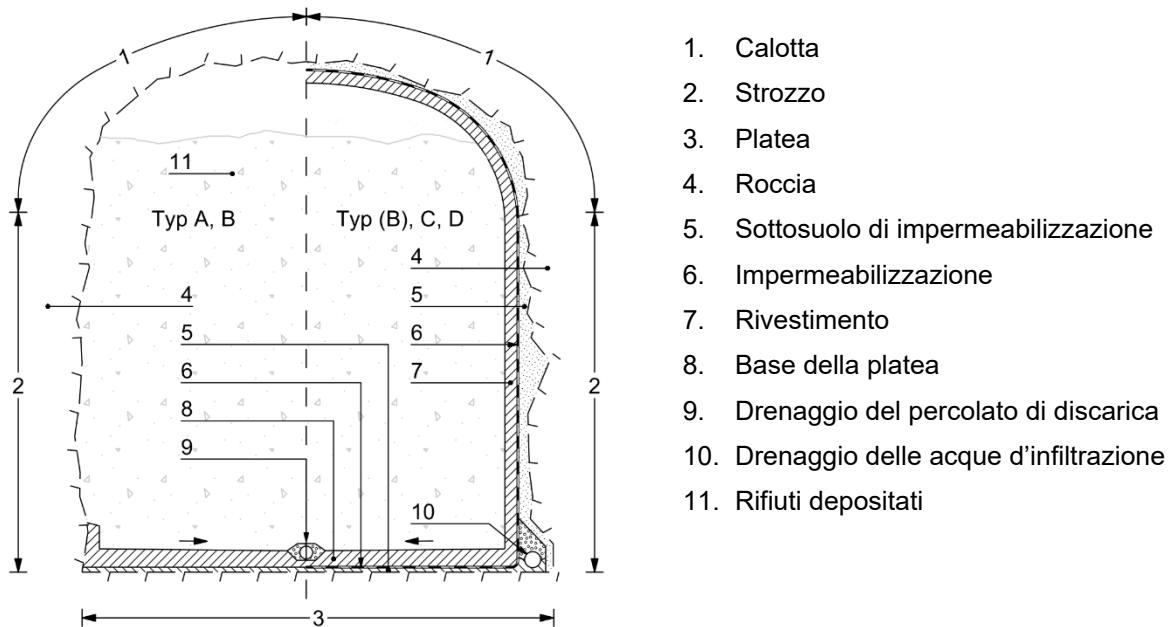


Fig. 1 – Profilo normale della caverna di una discarica (in base a SIA 198)

## 2      Ubicazione

### 2.1    Protezione delle acque e pericoli naturali

Per la scelta dell'ubicazione va in genere chiarita l'area di impatto della discarica a livello geologico, mineralogico, idrogeologico e geotecnico, al fine di poter rilevare il sistema globale «geosfera» e le sue interazioni.

In analogia alle discariche in superficie si escludono le ubicazioni in zone e aree di protezione delle acque sotterranee nonché in comprensori a rischio di inondazioni, caduta di sassi, scivolamento o erosione particolare. Nel caso delle discariche sotterranee questo vale in particolare per l'area del portale. Sono escluse anche le discariche sotterranee in rocce carsificabili. La situazione idrogeologica e l'importanza per la protezione delle acque devono essere esaminate in tre dimensioni nei singoli casi: ad esempio, una zona di protezione delle acque sotterranee per la captazione nel materiale sciolto sulla superficie del terreno (p. es. captazione per una fonte sul versante sopra la discarica), che dal punto di vista idrogeologico è, tuttavia, ben protetta dall'area della cavità in profondità, va valutata in modo differente rispetto a una fonte il cui settore di alimentazione si estende fino all'area della cavità. La carta di protezione delle acque mostra l'estensione delle zone di protezione in superficie. Nel caso delle discariche sotterranee occorre effettuare anche una proiezione in profondità nonché il rilevamento e la valutazione di acque sotterranee più in profondità.

### 2.2    Sottosuolo e massiccio roccioso

Per la valutazione della sicurezza in relazione all'ubicazione sono necessarie informazioni di base dettagliate sulle condizioni geologiche, idrogeologiche nonché geotecniche e geochimiche dell'ubicazione. In caso di caverne già esistenti e di altre costruzioni sotterranee, la maggior parte delle informazioni è già disponibile grazie al processo di pianificazione e di autorizzazione (compreso il rapporto di impatto ambientale) dell'estrazione sotterranea di inerti o di altre utilizzazioni; a titolo complementare occorre analizzare le esperienze relative all'estrazione. Ciò consentirebbe di conoscere la situazione tettonica ed eventuali carichi di fondo geogeni e antropogenici del corpo roccioso nonché delle acque sotterranee e d'infiltrazione. I risultati delle indagini sulla struttura geologica dell'ubicazione devono comprendere la posizione, la frequenza e le caratteristiche idrauliche di tutte le distorsioni o interruzioni presso l'ubicazione.

In caso di evacuazione controllata di eventuali acque d'infiltrazione, i requisiti posti alla permeabilità del sottosuolo conformemente all'allegato 2 numero 1.2 OPSR devono essere considerati tenendo conto di una quantità di percolato di discarica di ordine di grandezza inferiore alle discariche in superficie. In linea di principio sono sufficienti il bilancio idrico quale base di valutazione e la prova di una barriera geologica in larga parte omogenea e naturale in tutte le direzioni, caratterizzata da uno spessore di almeno due metri e da un coefficiente di permeabilità ( $k$ ) di  $1 \times 10^{-7}$  metri al secondo. Le discontinuità aperte e visibili devono essere sottoposte a iniezione.

### 3 Opera di costruzione

#### 3.1 Descrizione del sistema

Il sistema di discarica sotterranea comprende la cavità prevista per il deposito, l'accesso alla stessa tramite l'area del portale, il corpo roccioso circostante, le installazioni tecniche necessarie per l'esercizio nonché l'aria e l'acqua. Una discarica inserita nel massiccio roccioso presenta un bilancio idrico fondamentalmente diverso da quello delle discariche in superficie, comportando in linea di principio meno misure di impermeabilizzazione e di drenaggio per il percolato di discarica. Per le acque d'infiltrazione occorre esaminare misure separate di impermeabilizzazione e di drenaggio. Qualora non si preveda un sistema separato di impermeabilizzazione, le acque d'infiltrazione devono essere raccolte insieme al percolato di discarica, se del caso trattate ed evacuate.

Per motivi relativi alla sicurezza sul lavoro occorre fornire in ogni caso una prova della qualità sufficiente dell'aria durante la fase di realizzazione e di esercizio della discarica. Di norma è necessaria una ventilazione artificiale. A seconda dell'accessibilità occorre verificare se la ventilazione è necessaria anche durante la fase di manutenzione postoperatoria.

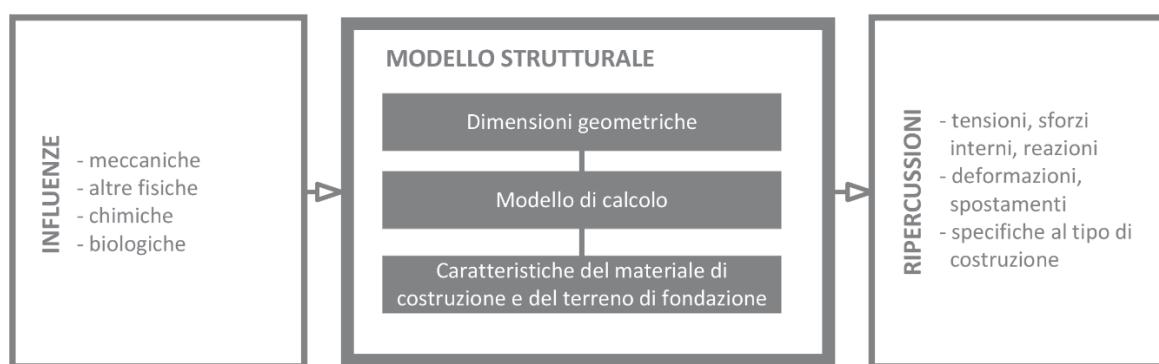
In caso di discariche sotterranee, i requisiti posti alla chiusura definitiva della superficie possono essere in parte anticipati grazie alla prevista permeabilità ridotta del massiccio roccioso sopra la discarica (al di sopra e a lato della caverna della discarica), purché siano fornite le prove corrispondenti.

In generale occorre garantire che i rifiuti siano depositati in cavità stabili fino al termine della fase di manutenzione postoperatoria e che la discarica non sia nociva per l'ambiente. Ciò avviene tramite la prova della sicurezza di stabilità esterna (sicurezza contro guasti del sistema) e interna (sicurezza contro guasti del corpo della discarica), tenendo conto anche della chiusura definitiva della discarica, e la prova che durante la fase di realizzazione, di esercizio e di manutenzione postoperatoria non si presentano deformazioni illecite nel terreno o sulla superficie. In aggiunta vanno addotte anche prove a lungo termine (v. cap. 3.6).

#### 3.2 Rapporti di sicurezza

##### 3.2.1 Fase di esecuzione e di esercizio

Una tappa fondamentale nella valutazione della sicurezza in relazione all'ubicazione è la presentazione di prove corrispondenti che si basano principalmente sulla prova geotecnica della sicurezza statica e sul rapporto di sicurezza per la fase di esecuzione e di esercizio.



**Fig. 2 – Analisi strutturale per la valutazione della sicurezza in relazione all'ubicazione secondo SIA 260**

Nell'ambito della progettazione va effettuata un'analisi strutturale della cavità in base al modello strutturale corrispondente. Inoltre vale il concetto di prova conformemente alla norma SIA 260.

In fase di pianificazione di una costruzione sotterranea il progettista elabora un modello strutturale con diversi gradi di approfondimento a seconda della fase di pianificazione. Tale modello comprende l'indagine dell'opera di costruzione e delle sue interazioni con il terreno di fondazione (p. es. identificazione delle situazioni di pericolo determinanti, dimensionamento). Ciò rientra nel dossier del progettista (cfr. anche definizioni conformemente alle norme SIA 197, 260 e 469).

I progettisti descrivono la costruzione sotterranea in base a un modello strutturale. A tal fine considerano tutti i fattori di influenza, ad esempio le dimensioni geometriche e il rivestimento nonché le caratteristiche del materiale di costruzione, della roccia e del massiccio roccioso, come pure eventuali elementi volti a migliorare la resistenza del massiccio roccioso (ancoraggio ecc.). La sicurezza strutturale (stabilità globale, resistenza ultima, sicurezza alla fatica) e l'efficienza funzionale (funzionalità, comfort, aspetto) sono da documentare per l'intero periodo di esercizio e per la fase di manutenzione postoperativa della discarica.

La lista di controllo all'allegato 0 elenca le prove da fornire. Le basi e i risultati della progettazione, come pure indicazioni sui documenti di costruzione necessari, sono elencati nelle norme SIA 197 **Error! Reference source not found.**(cap. 2.3) e 469.

### **3.2.2 Fase successiva alla durata di utilizzazione**

Le norme SIA corrispondenti non forniscono indicazioni sullo smantellamento a seguito della fase di gestione (utilizzazione/esercizio e mantenimento) in riferimento alle costruzioni sotterranee.

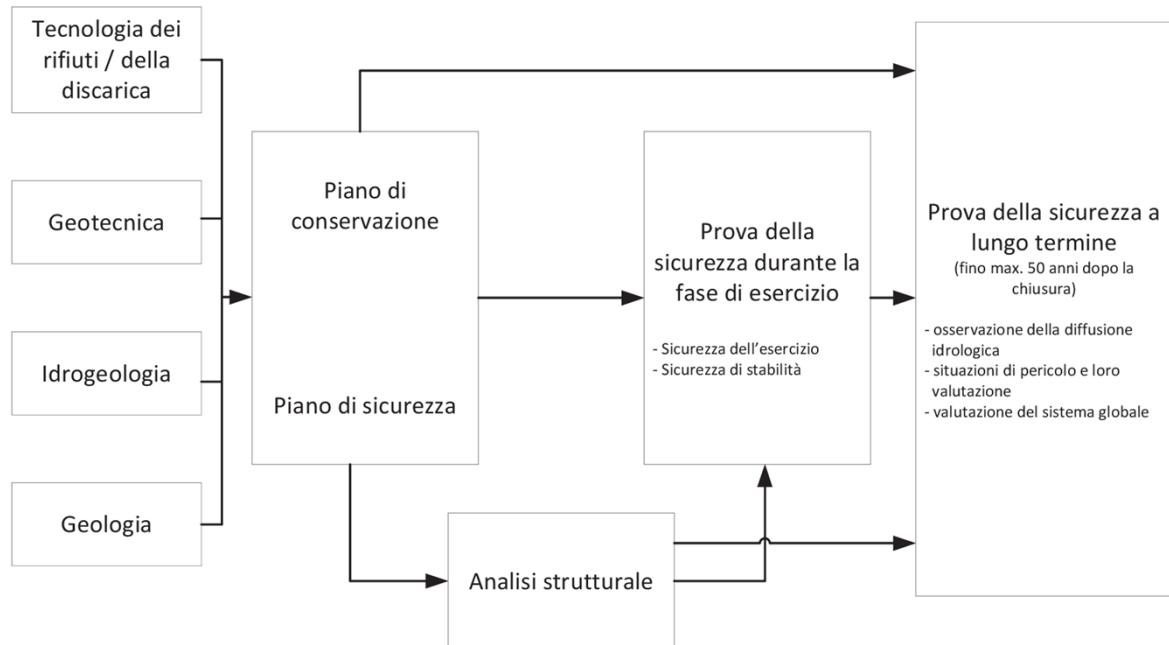
In generale i requisiti di sicurezza e di efficienza funzionale delle opere di costruzione risultano dallo scopo e dall'utilizzazione delle stesse. Se un'opera di costruzione non è più utilizzata, il mantenimento della stessa si limita alla prevenzione di rischi e, se del caso, di danni (SIA 469). I requisiti posti alla fase di manutenzione postoperativa, che inizia con il termine dei lavori in vista della chiusura e del deposito, devono essere definiti almeno in parte già nell'ambito della fase di realizzazione e di esercizio, in modo tale da poter prevedere per tempo misure e dispositivi corrispondenti (misurazioni di controllo ecc.).

### **3.2.3 Prove**

Conformemente alla norma SIA 197 risulta una sicurezza sufficiente se la minaccia di persone, dell'ambiente e di valori economici a causa di cedimenti della struttura portante o dell'esercizio dell'opera di costruzione e dei suoi impianti tecnici si mantenga entro limiti accettabili. L'efficienza funzionale è garantita se lo stato dell'opera di costruzione consente l'utilizzazione concepita per la stessa.

In tal senso va fornita una prova della sicurezza a lungo termine del sistema globale fino al termine della fase di manutenzione postoperativa, vale a dire fino al massimo 50 anni dopo il termine del deposito di rifiuti. La prova della sicurezza di stabilità della cavità, del cunicolo di accesso, dell'area del portale e di altre parti dell'impianto durante l'attività intensa di esercizio della discarica può essere disciplinata con una convenzione di utilizzazione definita nel tempo nell'autorizzazione cantonale di esercizio. In questo contesto bisogna anche basarsi su valori empirici ricavati finora in relazione a singole ubicazioni con utilizzazioni soggette a concessione nel sottosuolo. La prova della sicurezza a lungo termine deve anche comprendere un piano di monitoraggio con osservazioni, ispezioni, misurazioni di controllo e controlli funzionali regolari.

Vanno fornite anche le prove necessarie in relazione alla fase di manutenzione postoperativa di cui al capitolo 3.6.



**Fig. 3 – Progettazione e indicazione delle prove per la realizzazione di discariche sotterranee**

### 3.3 Impermeabilizzazione

Le impermeabilizzazioni con rivestimento nella discarica sotterranea devono consentire, grazie al drenaggio, la raccolta separata e l'evacuazione controllata delle acque d'infiltrazione e del percolato di discarica, prevenendo così l'accumulo di quest'ultimo. Poiché l'ubicazione sotterranea non prevede la presenza di acqua piovana, vanno previste misure d'impermeabilizzazione in funzione del tipo di discarica, della permeabilità del corpo roccioso, del sistema idraulico e del bilancio idrico effettivo. Nel caso di un massiccio roccioso con poche discontinuità e una permeabilità ridotta, la roccia può costituire uno strato sufficientemente spesso per impedire la penetrazione di acque d'infiltrazione nel corpo della discarica (v. cap. 3.5). Le condizioni reali delle acque d'infiltrazione e la possibile formazione di condensa sono da considerare nella pianificazione nei singoli casi.

### 3.4 Separazione dei compartimenti

Per la separazione dei compartimenti di diversi tipi di discarica, anche per le discariche sotterranee devono essere rispettate per analogia le disposizioni di cui all'allegato 2 numero 2.3 OPSR. L'utilizzazione di singole camere separate da una barriera di corpo roccioso lasciata intatta può rivelarsi sufficientemente idonea, in base alle esigenze, per una separazione in diversi tipi di discarica. Le fessure aperte devono essere sotto poste a iniezione. Qualora queste misure non risultino sufficienti per raggiungere l'impermeabilizzazione necessaria, vanno esaminate altre misure di impermeabilizzazione.

### 3.5 Drenaggio e ventilazione

L'afflusso di acqua e aria nelle discariche sotterranee si distingue da quello nelle discariche in superficie per il passaggio attraverso discontinuità anziché tramite precipitazioni e per l'assenza di un'esposizione atmosferica diretta (SIA 199). Inoltre, in caso di escursioni termiche la ventilazione artificiale può portare alla formazione di acqua di condensa. Le conoscenze della struttura delle discontinuità nonché delle caratteristiche e della porosità del massiccio roccioso sono essenziali per poter elaborare un bilancio idrico per l'intero sistema della discarica. L'evacuazione di acque sotterranee dovuta a costruzioni sotterranee deve essere limitata tenendo conto che ciò influenza l'alimentazione naturale delle acque. Per la pianificazione, la realizzazione e l'esercizio delle costruzioni sotterranee occorre considerare, oltre alle disposizioni di legge,

anche la guida per l'applicazione della protezione delle acque alle costruzioni sotterranee<sup>3</sup> (disponibile solo in francese e tedesco).

### 3.5.1 Afflussi di acqua

Per la valutazione idrogeologica delle condizioni delle acque d'infiltrazione occorre considerare, da un lato, la conoscenza della permeabilità del massiccio roccioso e del livello dell'acqua in generale (ev. variazioni stagionali) e, dall'altro, l'effetto drenante della cavità.

Mentre, nel caso delle discariche in superficie, le precipitazioni portano a un'irrigazione estesa del corpo della discarica, nel caso delle discariche sotterranee sono previsti soltanto afflussi puntuali di acqua attraverso le discontinuità presenti nel massiccio roccioso (v. fig. 4).

È presente umidità anche nel materiale destinato al deposito. Di conseguenza, in base al sistema di impermeabilizzazione scelto, parti del massiccio roccioso che in origine erano asciutte possono risultare «bagnate». Ciò può rivelarsi importante anche indipendentemente da un eventuale inquinamento nel massiccio roccioso poroso.

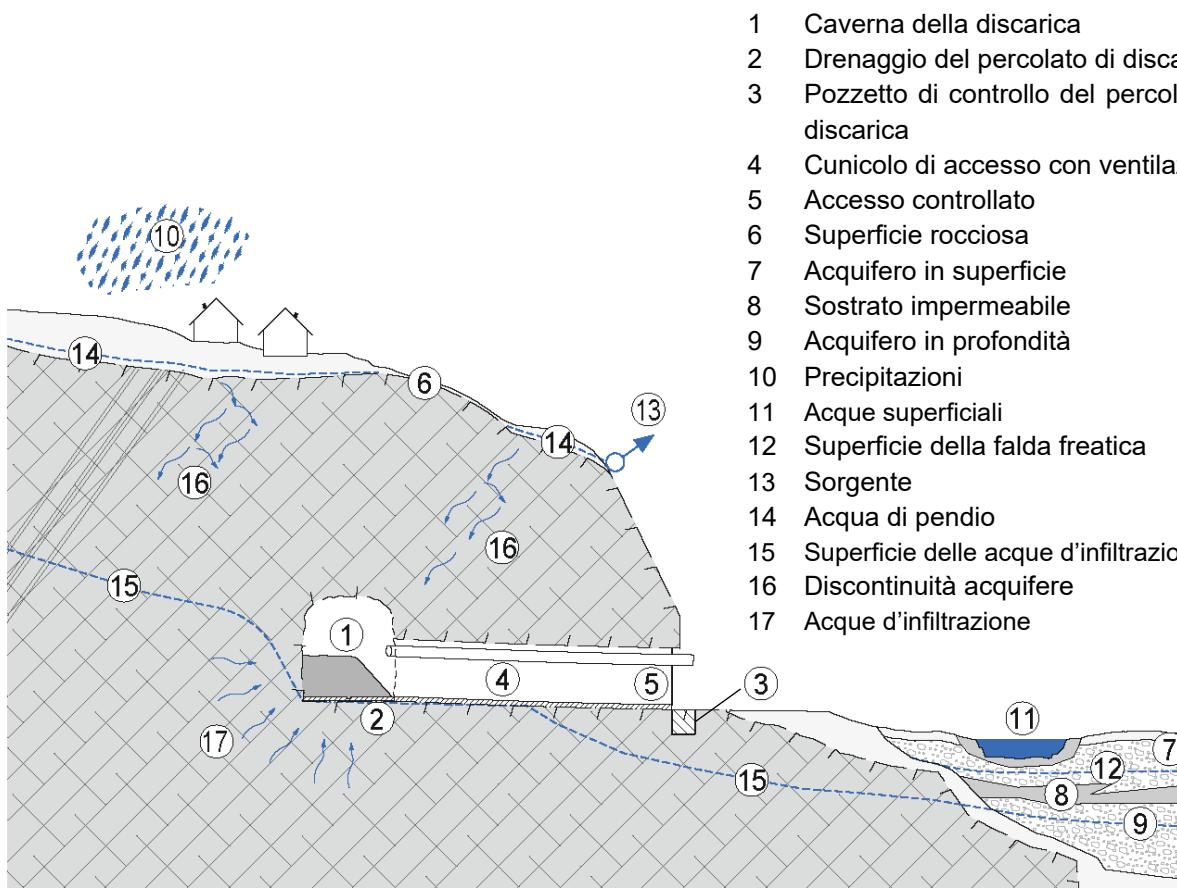


Fig. 4 – Rappresentazione schematica di possibili afflussi di acqua nella caverna di una discarica

### 3.5.2 Drenaggio

L'acqua che penetra (acque d'infiltrazione) deve se possibile essere raccolta ed evacuata attorno al corpo della discarica. Ciò è da considerare in modo specifico all'ubicazione nella progettazione del sistema di impermeabilizzazione e di drenaggio (evacuazione delle acque d'infiltrazione nel sistema di drenaggio e, se del caso, impermeabilizzazione su vasta scala o puntuale conformemente al piano di impermeabilizzazione

<sup>3</sup> UFAFP (1998). Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains. Berna.

[all. 2 n. 2.4.4 lett. c OPSR; cap. 8.6.3 SIA 197]). La scelta delle misure adottate in questo contesto influenza il dimensionamento del rivestimento della cavità. Le condotte di drenaggio devono essere disposte in modo tale che, alla fine di un eventuale assestamento del terreno, presentino una pendenza di almeno il due per cento (all. 2 n. 2.4.8 OPSR).

Occorre anche evacuare il percolato di discarica raccolto alla base della discarica (base della platea). In caso di presenza di acqua, in linea di principio bisogna realizzare due sistemi di raccolta separati: il primo per le acque d'infiltrazione e il secondo per il percolato di discarica. In generale le acque di scarico devono essere evacuate liberamente dall'opera di costruzione e immesse, se necessario dopo un adeguato trattamento, in un corso d'acqua superficiale o in un impianto di depurazione delle acque reflue. Se l'acqua raccolta e non trattata viene scaricata in un corso d'acqua superficiale, occorre garantire, mediante misure strutturali, che tale acqua possa essere controllata in qualsiasi momento e, se necessario, trattata o convogliata in un impianto di depurazione delle acque di scarico.

Le discariche sotterranee, a differenza di quelle in superficie, sono meno soggette a infiltrazioni, a condizione che le eventuali acque d'infiltrazione siano raccolte ed evacuate. Nel confronto con le discariche in superficie, i quantitativi di acqua d'infiltrazione che ci si aspetta siano raccolti alla base della discarica sono molto più ridotti. I rapporti effettivi vanno presentati in un bilancio idrico (componente di un rapporto idrogeologico di accompagnamento al progetto). Conformemente alle disposizioni di cui all'allegato 2 numero 2.4.2 et 2.4.3 OPSR, per le discariche di tipo A e B non è in tutti i casi necessaria un'evacuazione del percolato di discarica. Ciò, tuttavia, va esaminato nei singoli casi in relazione al bilancio idrico effettivo e all'eventuale presenza di acque sotterranee sfruttabili.

### **3.5.3 Gas e ventilazione**

Per l'esercizio di una discarica sotterranea occorre garantire che, dall'inizio fino alla chiusura della discarica, la reazione con l'acqua non porti alla formazione di miscele infiammabili (metano o idrogeno con aria o altri gas).

Considerati i rifiuti consentiti nei diversi tipi di discarica, in linea di principio non dovrebbero risultare sostanze che tendono alla formazione di gas. Possono risultare rilevanti soprattutto tenori di metalli non ferrosi, che nell'ossidazione tendono alla formazione di gas. In caso di residui di incenerimento da impianti di incenerimento di rifiuti urbani, a contatto con l'acqua possono svilupparsi legami che portano all'aumento della temperatura e alla degassificazione di ammoniaca e idrogeno. In base all'esperienza maturata, il deposito intermedio e la stratificazione, come pure l'eliminazione in larga parte di metalli (all. 5 n. 4.3 OPSR) dalle scorie dell'incenerimento di rifiuti urbani prima del loro immagazzinamento definitivo, portano a una formazione di gas notevolmente minore.

Le misure di costruzione previste per l'aria viziata e l'aria fresca in base all'esercizio pianificato della discarica e alla fase di manutenzione postoperativa sono parte integrante della progettazione (SIA 196). I provvedimenti concreti per la sicurezza sul lavoro e la protezione della salute devono essere presentati nel piano di esercizio.

### **3.6 Chiusura**

Bisogna poter escludere che, anche al termine del deposito dei rifiuti e della fase di manutenzione postoperativa, non si sviluppino deformazioni che creino un collegamento con la biosfera né nella cavità né in superficie.

Nell'ambito della prova della sicurezza a lungo termine occorre già specificare che, dopo il termine della fase di esercizio, i rifiuti depositati devono presentare, se necessario, una stabilità sufficiente in caso di inquinamento costante o improvviso a seguito di un crollo della cavità rimanente (indicazione di quote di riempimento, eventuale concentrazione dell'immagazzinamento ecc.).

Al termine della fase di esercizio, in caso di discariche di tipo C e D, occorre garantire per almeno 20 anni l'accesso sicuro ai rifiuti ai fini della loro recuperabilità. Gli sviluppi tecnologici nonché l'elaborazione e lo sviluppo di procedure di smaltimento potrebbero portare a nuove prospettive e ad alternative di smaltimento in un futuro non troppo lontano, in modo tale da non dover escludere a priori il recupero di determinati rifiuti.

L'accesso a dispositivi di controllo e di sorveglianza delle discariche sotterranee deve essere possibile almeno per tutta la durata della fase di manutenzione postoperativa.

## 4 Altri aspetti

### 4.1 Fase di esercizio

#### 4.1.1 Controllo dei rifiuti

In base ai rifiuti ammessi nelle discariche, nel caso delle discariche sotterranee occorre partire dal presupposto che i processi chimico-biologici non hanno un ruolo rilevante nella discarica. Pertanto, le misure di controllo aziendali secondo cui possono essere depositati soltanto i rifiuti ammessi sono di importanza centrale. In questo contesto, oltre alle prove analitiche delle caratteristiche dei rifiuti, occorre procedere, ad esempio, a controlli visivi dei rifiuti da depositare già all'esterno delle cavità di deposito dotate soltanto di illuminazione artificiale.

#### 4.1.2 Sicurezza sul lavoro

Gli aspetti aziendali (pianificazione dello scarico e della messa in opera, traffico di macchinari, controllo/sorveglianza delle caratteristiche dei rifiuti da depositare, ventilazione) e la sicurezza sul lavoro devono essere considerati fin dalla pianificazione della costruzione.

La sicurezza sul lavoro va garantita in modo duraturo, definendo istruzioni corrispondenti nel regolamento aziendale. È obbligatoria la misurazione costante delle concentrazioni di gas. Occorre garantire un approvvigionamento sufficiente di ossigeno, la misurazione costante di gas e inquinanti atmosferici e la presenza di un dispositivo d'allarme efficace. Le condizioni di calore e umidità nella costruzione sotterranea vanno disciplinate in modo idoneo. I provvedimenti in caso di incendio o infortunio vanno adottati per tempo e il personale va istruito in modo corrispondente in merito.

### 4.2 Manutenzione postoperativa

Anche dopo il termine del deposito e la chiusura della discarica occorre garantire che gli impianti necessari funzionino correttamente almeno fino al termine della fase di manutenzione postoperativa. In questo contesto occorre considerare i processi fisici, chimici e biologici nella discarica durante la realizzazione, l'esercizio e dopo la chiusura. Il detentore di una discarica deve provvedere, durante la fase di manutenzione postoperativa, affinché gli impianti siano controllati e sottoposti regolarmente a manutenzione e affinché eventuali acque d'infiltrazione, il percolato di discarica raccolto ed eventuali biogas siano controllati, qualora siano necessari controlli conformemente agli articoli 41 e 53 capoverso 5 OPSR. Tali controlli vanno portati avanti finché non si può escludere qualsiasi influenza nociva o dannosa per l'ambiente.

## 5 Bibliografia

UFAFP (1998). Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains. Berna.

UFAFP (2004). Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee. Ambiente – Esecuzione. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna. 135 pagine.

Dr. von Moos AG (2017). Errichtung unterirdischer Deponien gemäss VVEA. Entscheidungsgrundlagen (n. 11704). Zurigo. Rapporto non pubblicato su mandato dell'UFAM.

Le norme seguenti possono essere consultate gratuitamente e acquistate dietro pagamento presso l'Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Sulzerallee 70, 8404 Winterthur; [www.snv.ch](http://www.snv.ch).

- SIA 196: Ventilation des chantiers souterrains  
SIA 196:1998, SN 531 196. Zurigo.
- SIA 197: Projets de tunnels – Bases générales  
SIA 197:2023 Construction, SN 505 197. Zurigo.
- SIA 198: Lavori sotterranei – Esecuzione  
SIA 198:2023 Costruzione, SN 531 198. Zurigo.
- SIA 199: Étude du massif encaissant pour les travaux souterrains  
SIA 199:2015, SN 531 199. Zurigo.
- SIA 203: Décharges contrôlées  
SIA 203:2016, SN 531 203. Zurigo.
- SIA 260: Basi per la progettazione di strutture portanti  
SIA 260:2013 Costruzione, SN 505 260. Zurigo.
- SIA 469: Conservazione delle costruzioni  
SIA 469:1997, SN 588 469. Zurigo.

## Allegato 1

### Lista di controllo delle prove

La lista di controllo può fungere da mezzo ausiliario senza tuttavia avere alcuna pretesa di esaustività. Gli elementi di progettazione possono variare in base al volume, al progetto e alla situazione ed essere valutati in modo differente.

Elemento di progettazione	Tipo di discarica				Basi normative/legali
	A	B	C	D	
Tipo, quantità, caratteristiche e comportamento a lungo termine dei rifiuti	x	x	x	x	SIA 203, OPSR
Geometria della sistemazione finale del portale (integrazione nel paesaggio, prova della stabilità globale)	x	x	x	x	
Chiusura di una discarica	x	x	x	x	SIA 203, OPSR, SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Piano delle tappe	x	x	x	x	
Cavità sotterranea (discarica e accesso)					
Geologia, idrogeologia, struttura	x	x	x	x	SIA 199
Stabilità della cavità	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Assestamenti, deformazioni	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Impianti all'esterno della cavità (centrale di ventilazione ecc.)	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Scelta di materiale da costruzione idoneo	x	x	x	x	SIA 260 ÷ 267
Impermeabilizzazioni (acque d'infiltrazione, percolato di discarica, protezione delle acque)	x	x	x	x	SIA 203, SIA 272, SIA 197 (cap. 8.6 e 8.7), OPAc
Drenaggio (raccolta, bacino di ritenzione, preparazione, evacuazione)	o	x	x	x	UFAFP (1998), SIA 197
Evacuazione delle acque d'infiltrazione e delle acque di esercizio in					
canalizzazione pubblica	-	o	o	o	
corso d'acqua	-	o	o	o	
Centrale di ventilazione, sistema di ventilazione	x	x	x	x	SUVA, SIA 196
Protezione antincendio	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 198, SIA 260 ÷ 267
Dispositivi di sorveglianza	o	x	x	x	
Piano di esercizio	x	x	x	x	
Durata di utilizzazione	x	x	x	x	
Costi, economicità	x	x	x	x	
Analisi dei rischi	x	x	x	x	SIA 203 (cap. 2.2.5)
Piano di conservazione (per la durata della fase di esercizio e della fase di manutenzione postoperatoria)	x	x	x	x	SIA 469, SIA 269
Ventilazione	x	x	x	x	SIA 196

x: vincolante, o: da esaminare, --: non necessario