

# > Valutazione delle varianti di risanamento

*Un modulo dell'aiuto all'esecuzione  
«Risanamento di siti contaminati»*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM



# > Valutazione delle varianti di risanamento

*Un modulo dell'aiuto all'esecuzione  
«Risanamento di siti contaminati»*

### **Valenza giuridica**

La presente pubblicazione è un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati» dell'UFAM in veste di autorità di vigilanza ed è destinata in primo luogo alle autorità esecutive. Nel testo viene data concretezza a concetti giuridici indeterminati, inclusi in leggi e ordinanze, nell'intento di uniformarne l'esecuzione nella prassi. Quando le autorità esecutive tengono conto di un simile testo, si può partire dal presupposto che esse applicano la legislazione in modo conforme al diritto federale. Soluzioni alternative non sono escluse, purché siano conformi al diritto federale. L'UFAM pubblica questi aiuti all'esecuzione (definiti finora anche come direttive, istruzioni, raccomandazioni, manuali, guide pratiche e altro) nella serie «Pratica ambientale».

### **Nota editoriale**

#### **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**

Lukas Gasser, BMG Engineering AG, 8952 Schlieren  
Christoph Munz, BMG Engineering AG, 8952 Schlieren

#### **Accompagnamento UFAM**

Reto Tietz, divisione Suolo e biotecnologia  
Bernhard Hammer, divisione Rifiuti e materie prime

#### **Citazione bibliografica**

UFAM (ed.) 2014: Valutazione delle varianti di risanamento. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati». Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1401: 34 pag.

#### **Veste grafica**

Valérie Fries, 3063 Ittigen

#### **Traduzione**

Giuseppe Licci, Morbio inferiore

#### **Foto di copertina**

Impianto di tiro «Allmend Luzern», Schenker Korner & Partner  
UFAM/©iStock.com/r.kettler

#### **Versione PDF**

[www.bafu.admin.ch/uv-1401-i](http://www.bafu.admin.ch/uv-1401-i)

(la pubblicazione è disponibile soltanto in formato elettronico)

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese.

# > Indice

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>Valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili</b>	<b>25</b>
<b>Premessa</b>	<b>7</b>		5.1 Obiettivi	25
<b>Riassunto</b>	<b>8</b>		5.2 Valutazione della fattibilità e dell'efficacia	25
<b>Introduzione</b>	<b>9</b>		5.3 Valutazione dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica	27
			5.4 Valutazione dei costi	29
			5.5 Determinazione della variante ottimale e documentazione	30
<b>1 Obiettivo</b>	<b>10</b>		<b>6 Pianificazione e descrizione della variante ottimale nel progetto di risanamento</b>	<b>31</b>
1.1 Obiettivo del modulo	10			
1.2 Struttura del modulo	10			
			<b>Elenchi</b>	<b>32</b>
<b>2 Basi</b>	<b>12</b>		<b>Allegato</b>	<b>34</b>
2.1 Basi legali	12			
2.2 Principi del risanamento di siti contaminati	12			
2.3 Principi per l'elaborazione di un progetto di risanamento	13			
<b>3 Procedura generale – schema del processo</b>	<b>15</b>			
<b>4 Identificazione di varianti di risanamento tecnicamente realizzabili</b>	<b>17</b>			
4.1 Reperimento delle basi	17			
4.2 Possibili provvedimenti di risanamento (fase 1)	17			
4.2.1 Obiettivi	17			
4.2.2 Presupposti per l'applicabilità di un provvedimento	18			
4.3 Metodi di risanamento tecnicamente realizzabili (fase 2)	19			
4.3.1 Obiettivi	19			
4.3.2 Fattori rilevanti	20			
4.3.3 Metodi di decontaminazione	20			
4.3.4 Metodi di circoscrizione	22			
4.3.5 Attenuazione naturale monitorata	23			
4.4 Identificazione di varianti di risanamento (fase 3)	24			
4.4.1 Obiettivi	24			
4.4.2 Documentazione delle varianti tecnicamente realizzabili	24			



---

## > Abstracts

The module «Evaluation of remediation alternatives» of the implementation guide «Remediation of Contaminated Sites» provides instructions on determining the optimal remediation alternative based on the study on the alternatives for the remediation project. The selection of the evaluation criteria, the weighting of each criterion and the evaluation must be determined and defined based on the site conditions and environment

**Keywords:**

contaminated sites, remediation procedures, study on the alternatives, remediation project

Das Modul «Evaluation von Sanierungsvarianten» der Vollzugshilfe «Sanierung von Altlasten» enthält eine Anleitung zur Ermittlung der optimalen Sanierungsvariante mittels einer Variantenstudie im Rahmen des Sanierungsprojektes. Die Auswahl der Beurteilungskriterien, die Gewichtung der einzelnen Kriterien und die Bewertung sind standortweise festzulegen und müssen aufgrund der Standortgegebenheiten bzw. des Standortumfelds definiert werden.

**Stichwörter:**

Altlasten,  
Sanierungsverfahren,  
Variantenstudie,  
Sanierungsprojekt

Le module «Evaluation des variantes d'assainissement» fait partie de l'aide à l'exécution «Assainissement des sites contaminés». Il indique comment choisir la variante optimale en matière d'assainissement, en réalisant une étude des variantes possibles dans le cadre du projet d'assainissement. Pour choisir, pondérer et évaluer les différents critères d'appréciation des variantes, il s'agit de tenir compte du site considéré, de ses caractéristiques et de son environnement immédiat.

**Mots-clés:**

sites contaminés, procédés d'assainissement, étude des variantes, projet d'assainissement

Il modulo «Valutazione delle varianti di risanamento» dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati» contiene le istruzioni per determinare la variante di risanamento ottimale mediante uno studio di varianti nell'ambito del progetto di risanamento. La scelta dei criteri di selezione, la ponderazione dei singoli criteri e la valutazione devono essere stabilite sito per sito e definite in base alle caratteristiche del sito e dell'ambiente circostante.

**Parole chiave:**

siti contaminati,  
metodi di risanamento, studio di varianti, progetto di risanamento



---

## > Premessa

Per risanare i siti contaminati si utilizzano oggi vari metodi, che vanno dalla decontaminazione effettuata mediante lavori di scavo e smaltimento esterno fino alle misure di risanamento mediante copertura della superficie. Poiché ogni sito contaminato costituisce un caso a sé stante per quanto concerne le sostanze nocive, il potenziale di trasmissione, i beni da proteggere interessati e l'ambiente circostante, devono essere stabiliti individualmente anche i provvedimenti di risanamento.

Ciò avviene con uno studio di varianti, che, in conclusione, rende possibile elaborare un progetto di risanamento concreto. Il presente modulo contiene le istruzioni per il sistema di valutazione e intende contribuire ad armonizzare e garantire la qualità degli studi di varianti. Il sistema proposto nel modulo consente di determinare in modo trasparente e obiettivo la variante di risanamento ottimale per ogni singolo caso.

In tal modo si raggiunge uno degli obiettivi dell'ordinanza sui siti contaminati (OSiti), ossia il risanamento di siti contaminati per mezzo di varianti adattate al caso. Provvedimenti ecocompatibili, economici e corrispondenti allo stato della tecnica sono non da ultimo anche presupposti per potere ottenere compensazioni secondo l'ordinanza sulla tassa per il risanamento dei siti contaminati (OTaRSi).

Gérard Poffet  
Vicedirettore  
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

## > Riassunto

Per il risanamento di siti contaminati occorrono provvedimenti adeguati al caso. All'inizio dell'elaborazione del progetto di risanamento occorre determinare tra i vari provvedimenti possibili quello più adatto o ottimale, affinché il risanamento possa essere **realizzato** con buone prospettive di successo, conforme allo stato della tecnica, in modo economico ed ecocompatibile.

Questa scelta di varianti assume particolare importanza nella determinazione delle misure di risanamento nell'ambito della decisione di risanamento e nella procedura di ripartizione dei costi e di compensazione secondo l'ordinanza sulla tassa per il risanamento dei siti contaminati (OTaRSi). Ciò perché il settore pubblico ed eventuali responsabili vogliono avere la garanzia che i loro mezzi finanziari siano impiegati in maniera opportuna, economica ed ecocompatibile.

Per determinare la variante di risanamento ottimale (ossia quella che permette di raggiungere gli obiettivi di risanamento con il miglior rapporto costi/benefici), occorre procedere seguendo iter e criteri chiaramente definiti nonché documentare in modo trasparente la scelta della variante.

L'ampiezza e il grado di dettaglio nella procedura per l'identificazione e la Valutazione delle varianti di risanamento dipende dalla complessità del sito contaminato. Di conseguenza sono possibili semplificazioni o scostamenti dalla procedura in casi di risanamento urgenti o di minore entità nonché in casi con soluzioni già a portata di mano.

Dopo aver provveduto a reperire le basi legali, in un processo graduale si procede come segue partendo dall'indagine preliminare e dall'indagine dettagliata:

- > eseguendo una valutazione empirica volta a stabilire quali dei possibili provvedimenti sono fondamentalmente idonei per risanare il sito contaminato (fase 1);
- > identificando i metodi di risanamento tecnicamente realizzabili (fase 2);
- > combinando metodi tecnicamente realizzabili in varianti di risanamento (fase 3);
- > valutando le varianti tecnicamente realizzabili con riferimento alla loro fattibilità, efficacia, ecocompatibilità, utilità ecologica e costi nonché scelta della variante di risanamento ottimale (fase 4).

Questa procedura strutturata in fasi costituisce la base per la determinazione e la descrizione della variante di risanamento ottimale nel quadro dello studio delle varianti come prima parte del progetto di risanamento. La procedura di valutazione deve essere motivata in modo comprensibile per ogni tappa parziale nonché illustrata e descritta in modo trasparente. Tutto ciò costituisce anche una condizione per il versamento di indennità dal fondo federale secondo l'OTaRSi.

---

## > Introduzione

Secondo l'articolo 32c della legge federale sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb), le discariche e gli altri siti inquinati da rifiuti (siti inquinati) devono essere risanati se sono all'origine di effetti nocivi o molesti oppure se esiste il pericolo concreto che tali effetti si producano. Si stima che in Svizzera vi siano circa 4000 siti che necessitano di un risanamento e costituiscono pertanto siti contaminati.

Secondo l'articolo 4 dell'ordinanza sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, OSiti), i provvedimenti di risanamento devono corrispondere allo stato della tecnica<sup>1</sup>. Questa disposizione presuppone l'esecuzione di uno studio di varianti volto a determinare la variante di risanamento ottimale specifica per il sito. La scelta della variante di risanamento ha inoltre spesso conseguenze ecologiche di notevole portata nonché conseguenze finanziarie onerose. Anche sotto questo aspetto la definizione e l'armonizzazione dei requisiti per l'esecuzione e la documentazione di uno studio di varianti costituisce quindi un'esigenza sia delle autorità esecutive, sia dell'economia. Inoltre, l'articolo 32e capoverso 4 LPAmb stabilisce che le indennità della Confederazione sono versate soltanto se i provvedimenti adottati sono conformi alle esigenze ecologiche<sup>2</sup> e corrispondono a criteri di economicità<sup>3</sup> e allo stato della tecnica.

Poiché ogni sito contaminato è unico per le sue caratteristiche e l'ambiente che lo circonda, occorre applicare un metodo tracciabile e trasparente per determinare la variante di risanamento ottimale tra tutte quelle disponibili.

Nella fase di valutazione e definizione della variante di risanamento ottimale è consigliabile istituire un coordinamento periodico tra le persone soggette all'obbligo di risanamento e le autorità esecutive.

---

<sup>1</sup> Il termine «stato della tecnica» definisce un avanzato stato di sviluppo di procedimenti tecnologici che hanno già dato prova della propria validità nell'impiego pratico o che sono stati impiegati con successo in esperimenti e possono essere messi in pratica in altri siti secondo le regole della tecnica.

<sup>2</sup> Un provvedimento è conforme alle esigenze ecologiche se rispetta le prescrizioni di legge in materia di protezione dell'ambiente

<sup>3</sup> Un provvedimento rispetta i criteri di economicità se è la variante di risanamento più idonea e meno costosa tra quelle (necessarie) disponibili.

# 1 > Obiettivo

---

## 1.1 Obiettivo del modulo

La metodica descritta qui di seguito deve consentire di determinare in modo trasparente e comprensibile la variante di risanamento ottimale specifica per il sito tra tutti i metodi di risanamento disponibili.

Nella prassi d'esecuzione quotidiana si constata che la scelta del metodo di risanamento di siti contaminati viene spesso effettuata impiegando come criteri determinanti solo il grado di notorietà dei provvedimenti o i loro costi e che si punta direttamente alla variante «più nota» o a quella «più economica».

L'obiettivo del modulo «Valutazione delle varianti di risanamento» dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati» è quello di spiegare in modo chiaro e pratico, i limiti di sistema, le basi, i procedimenti e i criteri per identificare e valutare le varianti di risanamento. Esso deve illustrare ai Cantoni, ai periti e alle persone soggette all'obbligo di risanamento la procedura per determinare la variante di risanamento ottimale. In particolare deve però anche servire all'UFAM come importante base per la valutazione di richieste d'indennità OTaRSi. Non da ultimo occorre evitare che vengano proposte o elaborate varianti di risanamento per le quali non possono essere versate indennità.

Lo studio di varianti descritto nella presente pubblicazione e la relativa procedura strutturata basata sui criteri sono volti a garantire che venga scelta una variante che consenta di raggiungere l'obiettivo di risanamento e sia possibilmente ottimale in termini di ecocompatibilità, stato della tecnica ed economicità.

## 1.2 Struttura del modulo

Il presente modulo «Valutazione delle varianti di risanamento» è strutturato nelle seguenti parti:

> **l'identificazione di varianti di risanamento:** questa parte offre un aiuto concreto per l'identificazione specifica di metodi di risanamento tecnicamente realizzabili («dal pensabile al possibile»). In una prima fase viene descritto quali dei tre possibili provvedimenti (decontaminazione, circoscrizione, attenuazione naturale monitorata) sono fondamentalmente proponibili per un risanamento. Nella seconda fase vengono identificati i procedimenti e i metodi di risanamento possibili partendo dalle condizioni del suolo (geologia e idrogeologia), dagli inquinanti presenti e dalla loro distribuzione nonché da altri fattori locali. A dipendenza del progetto o della

---

problematica, una variante specifica per il risanamento di un sito contaminato è costituita da un singolo procedimento o da una combinazione di più procedimenti;

- > **la Valutazione delle varianti di risanamento:** questa parte offre un aiuto per selezionare una variante ottimale basata sui criteri («dal possibile all'ottimale»). Viene mostrato come, sulla base di criteri concreti, vengono valutate le singole varianti in punto a fattibilità, efficacia, ecocompatibilità, utilità ecologica e costi nonché come queste valutazioni consentono infine di scegliere una variante ottimale.

## 2 > Basi

---

### 2.1 Basi legali

Il presente aiuto all'esecuzione dà concretezza alle basi della legislazione federale in materia di trattamento di siti inquinati.

Secondo l'articolo 32c della legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb), I Cantoni provvedono affinché le discariche e gli altri siti inquinati da rifiuti (siti inquinati) vengano risanati se sono all'origine di effetti nocivi o molesti oppure se esiste il pericolo concreto che tali effetti si producano.

L'ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, OSiti) concretizza l'articolo 32c LPAmb.

Secondo l'articolo 4 OSiti, i provvedimenti d'indagine, di sorveglianza e di risanamento devono corrispondere allo stato della tecnica.

Inoltre l'OSiti contiene prescrizioni che concernono la presente pubblicazione nelle seguenti sezioni:

- > Sezione 3: Necessità della sorveglianza e del risanamento
- > Sezione 4: Obiettivi e urgenza del risanamento
- > Sezione 5: Risanamento
- > Sezione 6: Obbligo di adottare provvedimenti d'indagine, di sorveglianza e di risanamento

### 2.2 Principi del risanamento di siti contaminati

L'obiettivo del risanamento di un sito inquinato è impedire durevolmente gli effetti illeciti sull'ambiente. Per il trattamento di un sito inquinato occorre osservare vari principi:

- > **la riduzione delle immissioni di sostanze nocive (blocco alla fonte):** l'obiettivo principale di un risanamento è la riduzione dell'immissione di sostanze nocive provenienti dal sito contaminato nei beni da proteggere, in modo che, anche a lunga scadenza, non sussista più nessuna necessità di risanamento; vale a dire che i valori di concentrazione risultino inferiori a quelli determinanti per l'acqua, l'aria e il suolo fissati nell'OSiti (principio del blocco alla fonte). Anche se il risanamento è riferito a un bene da proteggere, l'obiettivo non deve essere necessariamente la rimozione completa delle sostanze nocive dal sito (nessun risanamento di lusso);

- > **l'eliminazione definitiva del pericolo in base al principio di sostenibilità:** il risanamento deve costituire una soluzione definitiva e garantire un'efficacia duratura;
- > **la soluzione del problema dei siti contaminati entro una o due generazioni:** i provvedimenti di risanamento devono essere conclusi entro al massimo 25 -50 anni, in modo tale che i siti possano essere lasciati a sé stessi senza dover adottare ulteriori provvedimenti attivi.

### 2.3 **Principi per l'elaborazione di un progetto di risanamento**

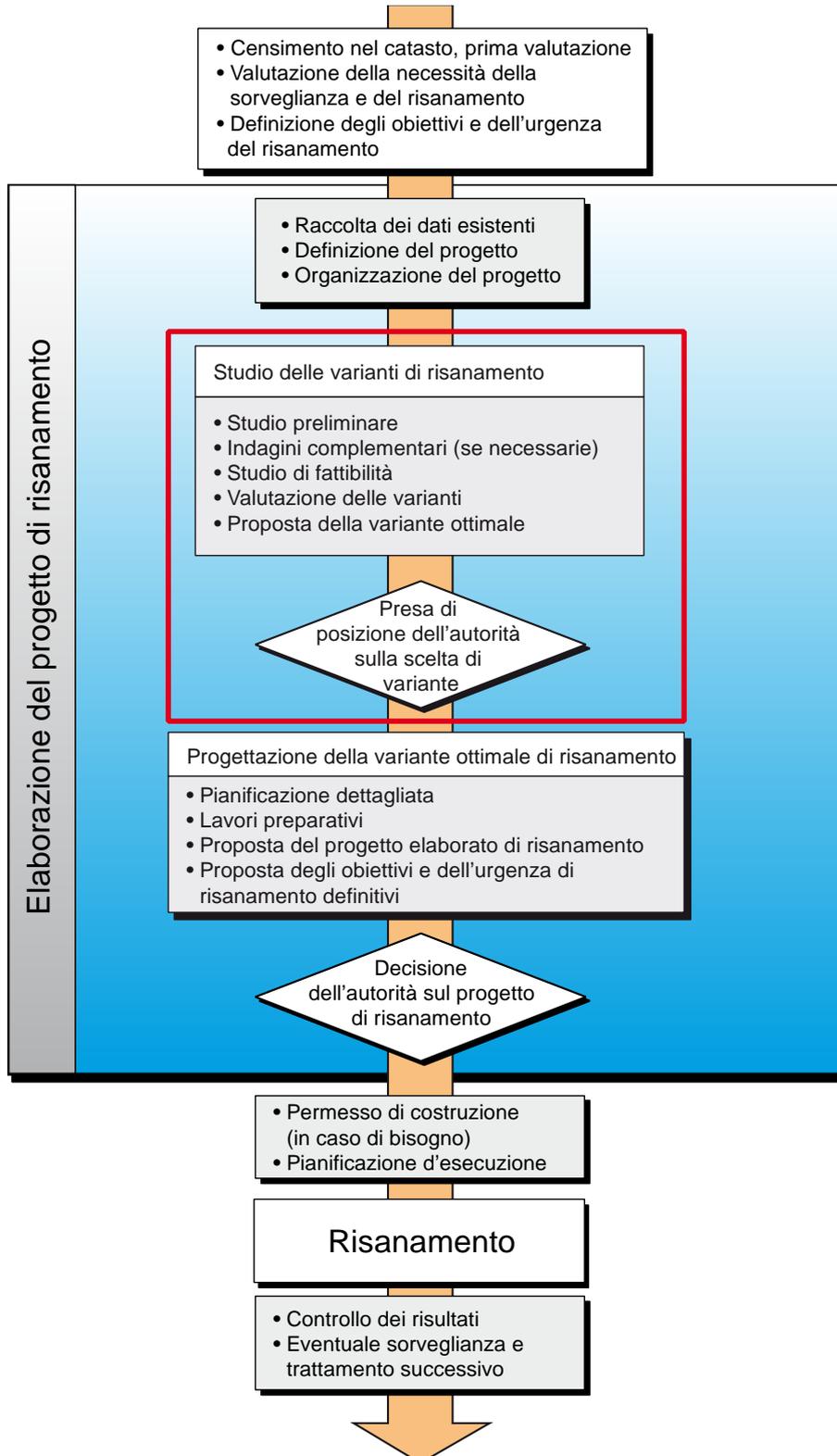
La base per l'elaborazione di un progetto di risanamento è costituita dalla pubblicazione del 2001 dell'UFAM «Elaboration de projets d'assainissement de sites contaminés» (disponibile in francese e tedesco). Le singole fasi dell'elaborazione sono illustrate nella fig. 1.

Una procedura ottimale e possibilmente sostenibile per il risanamento di un sito contaminato richiede una solida base progettuale. Questo è lo scopo e il compito del progetto di risanamento che deve essere elaborato dalla persona soggetta all'obbligo di risanare. Nel quadro del progetto di risanamento occorre elaborare metodi di risanamento specifici per il singolo caso, che devono essere ecologicamente opportuni, tecnicamente realizzabili e finanziariamente sostenibili. Sulla base del progetto di risanamento, l'autorità valuta lo studio di varianti nonché la variante prevista e fissa gli obiettivi e i provvedimenti di risanamento d'intesa con gli interessati.

Nell'ambito di questa procedura, il presente modulo serve a identificare e valutare le varianti di risanamento nonché a scegliere quella ottimale.

**Fig. 1 > Procedura dettagliata per l'allestimento di progetti di risanamento**

*Nella cornice rossa: valutazione della variante di risanamento ottimale.*



## 3 > Procedura generale – schema del processo

---

Lo schema del processo per l'identificazione e la Valutazione delle varianti per il risanamento di siti contaminati è illustrato nella fig. 2.

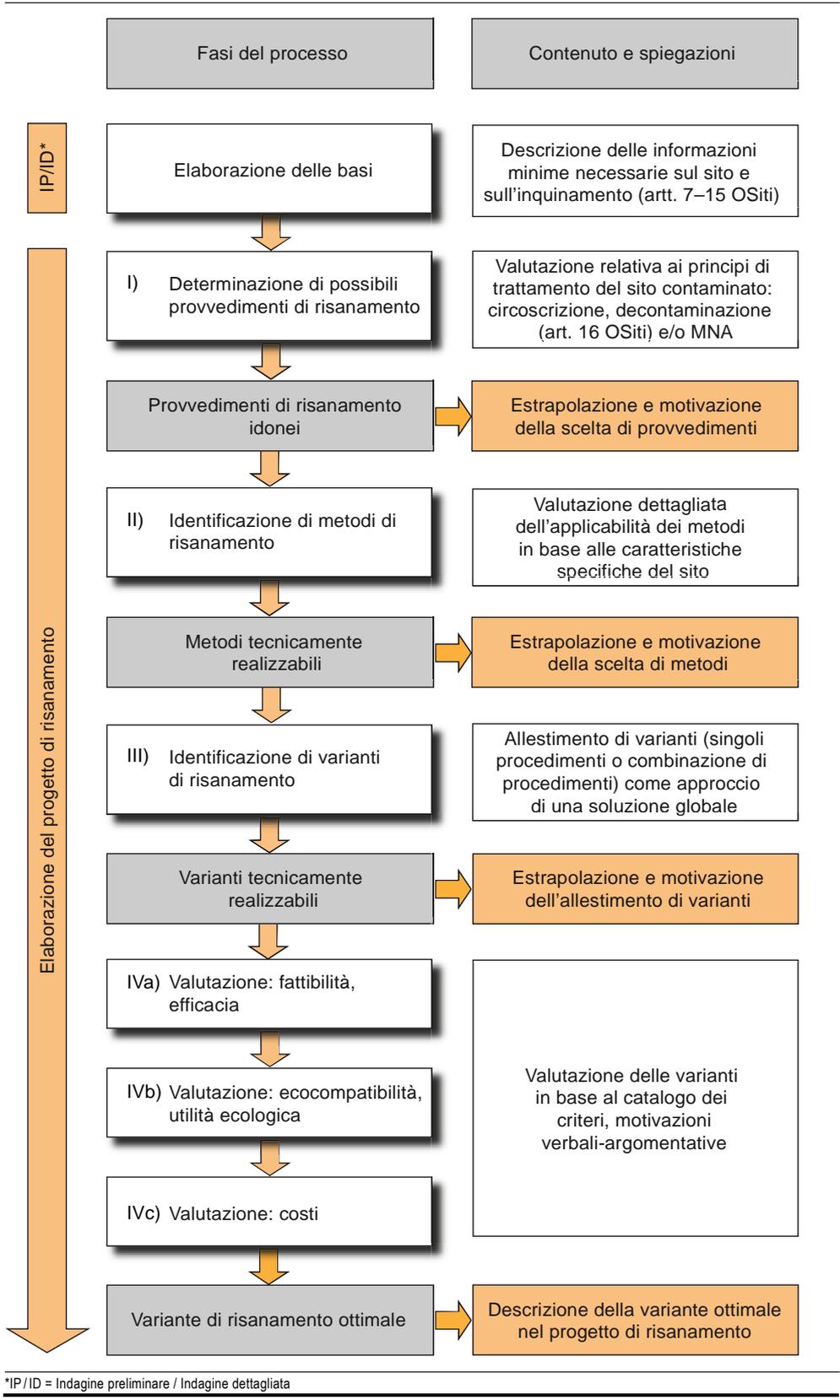
Da un insieme di metodi di risanamento occorre individuare la variante ottimale per il singolo caso. **L'ampiezza e il grado di dettaglio nella procedura per l'identificazione e la Valutazione delle varianti di risanamento dipendono dalla complessità del sito contaminato. Di conseguenza, sono possibili semplificazioni o scostamenti dalla procedura in casi di risanamento urgenti o di minore entità.** Per i casi complessi è spesso utile seguire una procedura iterativa con un frequente scambio di opinioni tra le persone soggette all'obbligo di risanamento, i periti e l'autorità.

In un processo graduale, dopo aver provveduto a reperire le necessarie basi dall'indagine preliminare e dall'indagine dettagliata (cfr. art. 7 e art. 14 OSiti), si valuta approssimativamente quale dei possibili provvedimenti è fondamentalmente idoneo per risanare un determinato sito contaminato (fase 1). Successivamente vengono identificati ed elaborati i metodi di risanamento tecnicamente realizzabili (fase 2). Poi si procede alla definizione di varianti partendo dai molteplici procedimenti tecnicamente realizzabili (fase 3). Le varianti possono essere composte da un unico procedimento o da una composizione di vari procedimenti e costituiscono un approccio di soluzione completo per il risanamento del sito contaminato.

Infine le varianti tecnicamente realizzabili vengono valutate in relazione a fattibilità, efficacia, ecocompatibilità, utilità ecologica e costi (fase 4), affinché sia possibile determinare la variante di risanamento ottimale.

Un esempio fittizio è riportato nell'allegato.

**Fig. 2 > Schema del processo di identificazione e Valutazione delle varianti per il risanamento di siti contaminati**



\*IP / ID = Indagine preliminare / Indagine dettagliata

## 4 > Identificazione di varianti di risanamento tecnicamente realizzabili

---

### 4.1 Reperimento delle basi

In una prima fase si procede al reperimento delle basi attinenti al luogo e al sito contaminato interessato nonché alla loro verifica in termini di completezza e rilevanza.

Oltre alle informazioni di carattere generale sul sito contaminato, occorre elencare tutti i documenti disponibili e raccogliere i principali dati emersi dall'indagine preliminare e da quella dettagliata (cfr. art. 14 e art. 15 OSiti). Tali dati sono in particolare il tipo, l'ubicazione, la quantità e la concentrazione delle sostanze pericolose per l'ambiente presenti sul sito inquinato (potenziale di nocività) nonché il genere, il carico e l'evoluzione nel tempo degli effetti reali o possibili sull'ambiente (potenziale di trasmissione, stima della minaccia). In particolare occorre considerare come base di partenza anche l'ubicazione e l'importanza dei settori ambientali minacciati nonché gli obiettivi fissati e l'urgenza del risanamento.

### 4.2 Possibili provvedimenti di risanamento (fase 1)

#### 4.2.1 Obiettivi

In una prima fase si valuta approssimativamente con quali provvedimenti è possibile ottenere il risanamento di un sito contaminato. L'obiettivo del risanamento deve essere raggiunto mediante provvedimenti che consentono di (art. 16 OSiti):

- > rimuovere le sostanze pericolose per l'ambiente (decontaminazione); oppure
- > impedire e sorvegliare affinché a lungo termine sostanze pericolose non si diffondano nell'ambiente (circoscrizione).

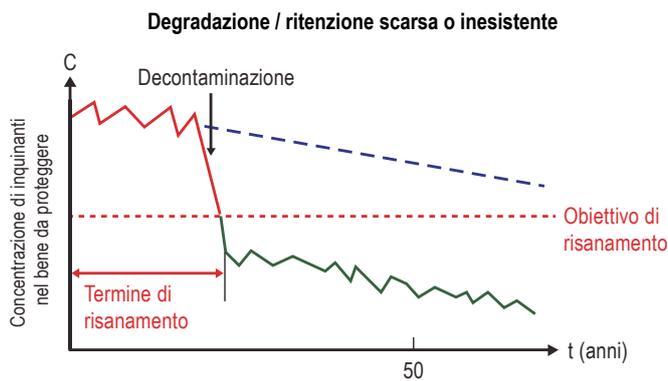
In determinate circostanze (cfr. il capitolo successivo), gli obiettivi di risanamento vengono raggiunti anche senza provvedimenti attivi ed è sufficiente sorvegliare il sito mediante:

- > l'attenuazione naturale monitorata (monitored natural attenuation, MNA), con la quale gli obiettivi di risanamento vengono raggiunti per mezzo di processi di degradazione e ritenzione naturali entro il termine richiesto, senza dover attuare provvedimenti di risanamento attivi.

#### 4.2.2 Presupposti per l'applicabilità di un provvedimento

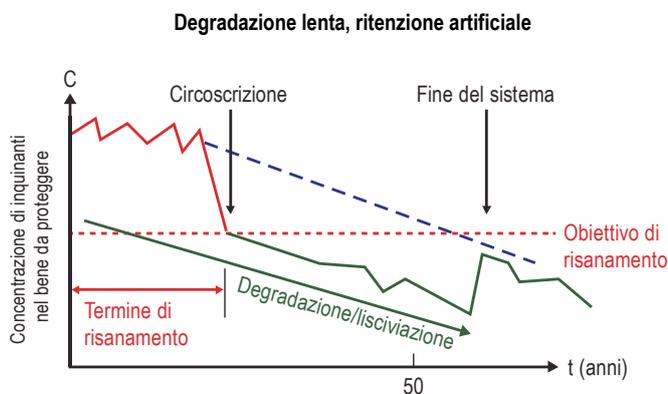
Qui di seguito vengono brevemente descritte e riassunte le caratteristiche e l'applicabilità dei tre provvedimenti:

**Fig. 3 > Presupposti per l'applicabilità di un provvedimento**



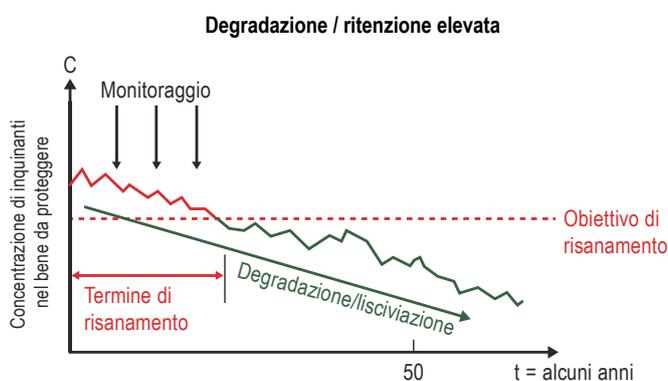
##### **Decontaminazione**

I siti contaminati nei quali gli inquinanti persistenti non possono essere ridotti a un livello consentito entro il termine di risanamento prestabilito, rispettivamente entro una o due generazioni a causa di una scarsa ritenzione o degradazione, devono essere sottoposti a una decontaminazione (eliminazione degli inquinanti).



##### **Circoscrizione**

Le misure di circoscrizione vanno adottate in primo luogo là dove, considerate le conoscenze sul tipo di inquinanti presenti e sulla base del loro presumibile buon degradamento, il sito può essere lasciato a se stesso dopo una o due generazioni, senza più dover adottare altre misure (è il caso, p. es., di molte discariche di rifiuti domestici e inquinamenti da oli minerali). La circoscrizione dei siti contaminati richiede una sorveglianza costante fino alla fine del sistema, ossia fino a quando gli effetti sul bene da proteggere non superano più il limite consentito anche senza provvedimenti di circoscrizione.



##### **Attenuazione naturale monitorata (MNA)**

L'MNA non è un provvedimento di risanamento vero e proprio, bensì va considerato come un naturale processo fisico, chimico e biologico di riduzione degli inquinanti. La sorveglianza di questi processi naturali di riduzione degli inquinanti viene definita MNA (attenuazione naturale monitorata). Il metodo MNA può essere applicato se gli inquinanti presenti si degradano rapidamente in modo naturale. Il periodo di tempo necessario a raggiungere l'obiettivo di risanamento mediante attenuazione naturale deve essere inferiore al termine di risanamento prestabilito. Questo provvedimento richiede un monitoraggio costante degli inquinanti che hanno reso necessario il risanamento.

Nella figura seguente sono riassunti i presupposti per l'applicabilità generale di un provvedimento (fase 1).

**Fig. 4 > Presupposti per l'applicabilità generale di un provvedimento (fase 1)**

Provvedimento	Presupposti
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decontaminazione               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eliminazione di sostanze pericolose per l'ambiente mediante l'estrazione attiva o la distruzione degli inquinanti nella fonte</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{(termine)} &lt; 50 \text{ anni} &lt; T_{(degradazione)}</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circostrizione               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Impedimento della diffusione di sostanze pericolose per l'ambiente</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{(termine)} &lt; T_{(degradazione)} &lt; 50 \text{ anni}</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitored Natural Attenuation (MNA)               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Processi di degradazione e ritenzione naturali (monitorati)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{(degradazione)} &lt; T_{(termine)}</math></li> </ul>

In alcuni casi di risanamento complessi può essere anche necessario combinare vari provvedimenti di risanamento, come ad esempio una decontaminazione parziale con una misura di circostrizione o con una MNA.

### 4.3 Metodi di risanamento tecnicamente realizzabili (fase 2)

#### 4.3.1 Obiettivi

L'obiettivo della fase 2 è offrire alle persone soggette all'obbligo di risanamento una panoramica dei metodi di risanamento che in linea di principio sarebbero tecnicamente realizzabili nelle condizioni date.

Come strumenti di supporto per la determinazione dell'applicabilità di un metodo è possibile utilizzare da un lato i valori empirici degli offerenti di tecnologie di risanamento e dall'altro i seguenti moduli dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati» dell'UFAM: «Elaboration de projets d'assainissement de sites contaminés», «Confinement des décharges contaminées» e «Assainissement in situ» (tutti disponibili in francese e tedesco).

Il paragrafo seguente illustra i possibili fattori rilevanti che possono risultare significativi per l'identificazione di metodi di risanamento.

#### 4.3.2 Fattori rilevanti

Per valutare l'applicabilità di un metodo per il risanamento di un determinato sito contaminato occorre tener conto in particolare dei seguenti fattori:

- > **suolo/geologia:** i metodi di risanamento sono più o meno idonei a dipendenza delle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito. Occorre fondamentalmente distinguere se gli inquinanti alla base del risanamento sono presenti in una zona satura o insatura. Nelle acque sotterranee la velocità, la direzione e la potenza del flusso assumono un ruolo importante per il trasporto delle sostanze nocive. Altrettanto rilevante per la valutazione è la struttura del suolo (stratificato, riempito artificialmente) la distribuzione granulometrica (argilla, limo, sabbia, ghiaia) nonché la capacità di assorbimento per determinati inquinanti;
- > **inquinanti:** a seconda della categoria di inquinanti (sostanze anorganiche, organiche, volatili, non volatili e così via), alcuni metodi non sono applicabili. Di conseguenza è indispensabile farsi un quadro dei principali inquinanti presenti nel sito e delle loro caratteristiche;
- > **altre caratteristiche del sito:** alcuni metodi richiedono una gran quantità di spazio e di tempo, così che diversi metodi possono essere già esclusi a priori.

Dati precisi sulle caratteristiche principali del sito contaminato emergono dalle indagini preliminari e dettagliate. Nei casi in cui sussistono rilevanti lacune di conoscenza, queste devono essere prima colmate. Inoltre occorre documentare le lacune di conoscenza poco rilevanti e le ipotesi formulate in merito.

Nei successivi capitoli viene presentata una panoramica dei vari metodi e valutata l'idoneità in relazione alle summenzionate condizioni. L'elenco dei metodi e le relative valutazioni di applicabilità fungono da supporto e non sono esaustivi.

#### 4.3.3 Metodi di decontaminazione

Nell'ambito di una decontaminazione è possibile applicare metodi **Off-Site**, **On-Site** o **In-Situ**. Un elenco dei principali metodi è riportato nelle seguenti tabelle 1 e 2.

Con i metodi off-site, i rifiuti scavati vengono trattati («dig and treat») oppure conferiti in discarica («dig and dump»). La tabella seguente contiene una panoramica dei metodi più importanti. I metodi on-site non si differenziano sostanzialmente da quelli off-site, ad eccezione del fatto che vengono eseguiti direttamente in loco e che necessitano quindi di una superficie o di uno spazio maggiori.

**Tab. 1 > Metodi off-site e on-site**

Trattamento	Procedimenti termici	Impianto di incenerimento di rifiuti speciali*
		Cementificio*
		Trattamento termico del suolo (massimo 600° C)**
	Procedimenti biologici	Procedimento microbiologico**
	Altri procedimenti	Lavaggio del suolo**
Deposito	Conferimento in discarica	Discarica in Svizzera*
		Discarica sotterranea (esportazione)*

\* solo metodi off-site, \*\* metodi off-site e on-site

I metodi in situ possono essere eseguiti sia in ambiente saturo che insaturo. Nella tabella seguente sono riportati i procedimenti più rilevanti. Un elenco completo dei procedimenti in situ e le relative informazioni sono contenuti nel modulo «In-Situ-Sanierung» dell'UFAM all'indirizzo [www.bafu.admin.ch/in\\_situ\\_sanierung/](http://www.bafu.admin.ch/in_situ_sanierung/) (disponibile in tedesco e francese).

**Tab. 2 > Procedimenti in situ**

Zona insatura	Procedimento pneumatico	Aspirazione d'aria dal suolo
	Procedimento idraulico	Infiltrazione verticale
	Procedimento biologico	Bioventilazione
		Aerobizzazione
	Altro procedimento	Ossidazione chimica
Zona saturata	Procedimento pneumatico	Air Sparging (strippaggio)
		Prelevamento di fasi
	Procedimento idraulico	Pump and Treat
		Infiltrazione nella falda (Soil flushing)
		Sistema di barriere reattive (pareti pulenti permeabili su tutta la superficie)
		Sistemi di barriere reattive (pareti pulenti con flusso incanalato)
	Procedimento biologico	Procedimento microbiologico
		Biosparging
	Altro procedimento	Ossidazione chimica

Nella tabella 3 sono riportati i rilevanti supporti decisionali o fattori che determinano la scelta di un metodo di risanamento.

**Tab. 3 > Supporti decisionali rilevanti per un risanamento in-situ, on-site o off-site**

	Risanamento in-situ	Risanamento on-site/off-site
Struttura del suolo	Terreno non coesivo	Terreno coesivo
Ubicazione della contaminazione	Nella profondità del sottosuolo	Vicino alla superficie
	Sottosuolo saturo	Sottosuolo insaturo
Tipo di contaminazione	Inquinanti volatili, idrosolubili, biodegradabili	Inquinanti non volatili, scarsamente idrosolubili o non biodegradabili
	COVC, BTEX, idrocarburi derivati dal petrolio, fenolo, ammonio, metalli pesanti idrosolubili e cianuri	IPA, cianuri, pesticidi, PCB, PCDD/F, metalli pesanti
Uso attuale	Area utilizzata ed edificata	Area non utilizzata
Durata del risanamento	Possibile lunga durata del risanamento	Necessario risanamento a breve termine
Uso successivo	Uso successivo poco sensibile	Uso successivo sensibile

In caso di decontaminazione con smaltimento off-site è determinante in particolare l'ordinanza tecnica del 10 dicembre 1990 sui rifiuti (OTR).

Per uno smaltimento dei rifiuti rispettoso dell'ambiente, nella scelta del procedimento di decontaminazione occorre rispettare i requisiti dell'OTR. In particolare vanno osservati i seguenti principi della legislazione sui rifiuti:

- > impiegare il materiale di scavo e di demolizione non inquinato nei terreni coltivabili (art. 16 cpv. 3 lett. d OTR);
- > separare nell'ambito dei lavori di scavo quanto più possibile i rifiuti riciclabili da quelli non riciclabili (art. 9 OTR);
- > riciclare i rifiuti se il riciclaggio è possibile tecnicamente e sopportabile sotto il profilo economico: così facendo il carico per l'ambiente risulta inferiore a quello derivante dall'eliminazione e dalla fabbricazione ex novo (art. 12 cpv. 3 lett. a OTR);
- > trattare i rifiuti non riciclati in modo tale che possano essere depositati in una discarica per materiali inerti o per sostanze residue (art. 16 cpv. 3 lett. b OTR e Allegato 1, cifra 31 OTR);
- > sottoporre a trattamento termico i rifiuti e le sostanze combustibili (art. 11 OTR).

#### 4.3.4 Metodi di circoscrizione

I metodi di circoscrizione si differenziano sostanzialmente in circoscrizione di superficie, circoscrizione verticale, impermeabilizzazione di base e drenaggi (acqua, gas), immobilizzazione degli inquinanti e circoscrizione pneumatica. A dipendenza della via di contaminazione (acque sotterranee, acque di superficie, aria, contatto diretto con la superficie) sono necessari altri procedimenti per circoscrivere, ridurre al minimo o interrompere le emissioni.

La tabella 4 offre una panoramica delle varianti di circoscrizione rilevanti. Un riassunto delle vie di contaminazione e dei relativi procedimenti idonei nonché di altri motivi per

decidere sui singoli provvedimenti di circoscrizione e sulla loro applicabilità è disponibile nel modulo «Confinement des sites contaminés par des décharges».

**Tab. 4 > Procedimento per la circoscrizione di un sito contaminato**

Circoscrizione della superficie	Impermeabilizzazione della superficie, copertura della superficie
Circoscrizione verticale	Parete impermeabile
	Provvedimenti idraulici attivi, abbassamento della falda freatica, deviazione della falda freatica, estrazione delle acque freatiche
Impermeabilizzazione della base	Impermeabilizzazioni della base
Drenaggio	Captazione, trattamento dell'acqua d'infiltrazione
	Prosciugamento
Immobilizzazione	Rinforzo
	Vetrificazione
	Fissazione chimica
Circoscrizione pneumatica	Drenaggio di aria e gas

#### 4.3.5 Attenuazione naturale monitorata

In un'attenuazione naturale monitorata (MNA), la diffusione di inquinanti nella zona insatura e satura è rallentata da processi naturali di degradazione e ritenzione che si verificano nel sottosuolo e, in condizioni favorevoli, si ha una riduzione del pennacchio inquinante.

Qui di seguito sono descritti i principali criteri decisionali per l'applicabilità e l'accettazione di un piano MNA:

- > gli inquinanti presenti sono idonei per i processi naturali di degradazione e ritenzione a seguito delle loro proprietà, come ad esempio gli idrocarburi alifatici o i composti contenenti benzina (BTEX);
- > i processi naturali di degradazione e ritenzione devono poter essere identificati o essere già noti;
- > il pennacchio inquinante deve essere stazionario o regressivo e deve essere possibile quantificare i processi naturali di degradazione e ritenzione, così che sia possibile dimostrare una riduzione degli inquinanti (ad es. attraverso l'analisi isotopica);
- > la prova che l'obiettivo di risanamento perseguito sarà raggiunto entro il termine richiesto deve essere stata prodotta;
- > i processi dovranno essere stabili a lungo termine e irreversibili.

#### 4.4 **Identificazione di varianti di risanamento (fase 3)**

##### 4.4.1 **Obiettivi**

La base per l'allestimento di varianti di risanamento è costituita dai procedimenti che nella fase precedente sono stati identificati come tecnicamente realizzabili per uno specifico sito contaminato.

Nei casi semplici un sito contaminato può essere risanato con un unico procedimento, mentre nei casi più complessi occorre procedere con una combinazione di procedimenti in grado di risanare il sito in modo efficiente ed efficace. Con l'allestimento di varianti da una combinazione di vari procedimenti, occorre trovare nei casi complessi un approccio di soluzione globale per il risanamento di un sito contaminato.

In primo luogo occorre esaminare la realizzabilità tecnica. Successivamente si effettuano un confronto e una valutazione delle varianti in relazione alla loro efficacia ecologica ed effettività dei costi, così come descritto nella relativa procedura al capitolo 5.

##### 4.4.2 **Documentazione delle varianti tecnicamente realizzabili**

In una documentazione che costituisce parte integrante del rapporto sullo studio delle varianti occorre definire e descrivere le varianti tecnicamente realizzabili. A dipendenza del sito contaminato e della complessità del problema possono essere necessarie poche o molte varianti.

## 5 > Valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili

---

### 5.1 Obiettivi

Una volta identificate le varianti di risanamento tecnicamente realizzabili (fasi 1–3) occorre valutarle sulla base di determinati criteri (fase 4). L'obiettivo è trovare la variante di risanamento ottimale tra le tante disponibili.

I criteri e la relativa procedura di valutazione sono da intendere come supporto decisionale e hanno come obiettivo una strutturazione dell'intero processo di valutazione.

La procedura strutturata basata sui criteri è volta a garantire la scelta di una variante che consenta di raggiungere l'obiettivo di risanamento e sia possibilmente ottimale in termini di ecocompatibilità, stato della tecnica ed economicità. Questi criteri sono anche presupposti fondamentali per compensazioni dal fondo OTaRSi.

Nel corso della valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili (fase 4), le singole varianti vengono prima valutate e confrontate tra loro in base alla fattibilità e all'efficacia generale, successivamente in base all'ecocompatibilità e all'utilità ecologica e poi in base ai costi.

I criteri di valutazione qui di seguito riportati non hanno pretese di completezza o di idoneità per tutti i casi di risanamento possibili. Di conseguenza, nei singoli casi può essere opportuno inserire altri criteri e ponderare diversamente i criteri di valutazione. Un risanamento fuori dall'abitato è, ad esempio, soggetto a condizioni diverse rispetto a un risanamento in un'area densamente popolata. La ponderazione dei criteri deve essere motivata e spiegata.

### 5.2 Valutazione della fattibilità e dell'efficacia

Nella seguente tabella 5 sono riportati i principali criteri che occorre osservare per valutare la fattibilità e l'efficacia di una variante. Eventuali altri criteri devono essere motivati caso per caso e integrati nella valutazione.

**Tab. 5 > Criteri per la valutazione della fattibilità e dell'efficacia**

Fattibilità/efficacia	Osservazioni
Stato della tecnica / prospettive di successo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presunto numero di risanamenti/provvedimenti per i quali la variante è stata applicata con successo</li> <li>• Raggiungimento dell'obiettivo, scadenze, efficacia a lungo termine</li> </ul>
Controllabilità	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di controllo continuo durante il risanamento o sorveglianza del successo del risanamento</li> <li>• Pericolo di incidenti</li> </ul>
Infrastruttura necessaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misure edilizie in loco</li> <li>• Fabbisogno di spazio</li> </ul>
Sicurezza sul lavoro / tutela della salute	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pericolo per la salute (effetti acuti e cronici), pericolo di esplosione e di incendio, pericolo per mancanza di ossigeno</li> </ul>
Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adeguamento della variante alle mutate condizioni (p. es. incidenti, sorprese)</li> </ul>
Accettazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accettazione prima, durante e dopo il risanamento</li> <li>• Opposizioni da parte di abitanti, organizzazioni</li> <li>• Autorizzabilità (art. 18 OSiti)</li> <li>• Reazione degli interessati in caso di ritardi</li> </ul>

Per la valutazione delle diverse varianti di risanamento occorre tener presente che i singoli criteri della fattibilità e dell'efficacia non sono rilevanti in ugual misura. A dipendenza del sito, determinati criteri possono essere più o meno rilevanti. Pertanto in caso di valutazione numerica è quasi sempre opportuno effettuare una ponderazione dei singoli criteri. La ponderazione può essere effettuata per mezzo di fattori, ad esempio 0,5 per «poco rilevante», 1 per «rilevante», e 1,5 per «molto rilevante» (cfr. seguente tab. 6 colonna «Ponderazione»). Questo genere di ponderazione ha il vantaggio di attribuire un peso minore ai criteri «poco rilevanti» e un peso maggiore a quelli «molto rilevanti» nonché di evitare una ponderazione eccessiva grazie alla ponderazione in decimali. Ovviamente sono anche possibili altri fattori o fattori ulteriormente differenzianti. In ogni caso le ponderazioni devono essere motivate.

Occorre quantificare quanto più possibile i singoli criteri per ciascuna variante. Per i criteri non quantificabili occorre motivare in modo verbale-argomentativo quali vantaggi e svantaggi offre una variante in relazione al rispettivo criterio.

Infine occorre classificare tutte le varianti in relazione ai criteri sulla base delle valutazioni quantificate e/o argomentative. La valutazione delle singole varianti deve essere riassunta sotto forma di tabella. La valutazione può essere ad esempio effettuata su una scala ordinale da 1 a 5, nella quale una variante con un 1 viene valutata pessima e con un 5 ottima in relazione al rispettivo criterio. Ovviamente è possibile utilizzare altre classificazioni e valori comprensibili, purché siano plausibili. Nella tabella 6 è riportata a titolo di esempio una possibile matrice delle varianti valutate.

**Tab. 6 > Esempio di matrice per la valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili in relazione alla fattibilità e all'efficacia**

Fattibilità ed efficaci	Ponderazione*	Variante 1**	Variante 1 ponderata***	Variante 2	Variante 2 ponderata	Variante 3	Variante 3 ponderata	Variante X	Variante X ponderata	Motivazioni/osservazioni
Stato della tecnica	1,5	1	1,5	3	4,5	3	4,5	...	...	
Controllabilità	1	1	1	2	2	4	4	...	...	
Infrastruttura necessaria	1	5	5	3	3	1	1	...	...	
Sicurezza sul lavoro	1,5	2	3	4	6	1	1,5	...	...	
Flessibilità	0,5	2	1	3	1,5	3	1,5	...	...	
Accettazione	1	1	1	3	3	4	4	...	...	
Valutazione	6,5		12,5		20		16,5		...	

\* Ponderazione esemplare dei criteri di valutazione: 0,5 = poco rilevante, 1 = rilevante, 1,5 = molto rilevante

\*\* Ponderazione esemplare delle varianti: 1 = pessima, 2 = scarsa, 3 = sufficiente, 4 = buona, 5 = ottima

\*\*\*Valutazione ponderata: prodotto calcolato della ponderazione e della valutazione

### 5.3 Valutazione dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica

Tutti i metodi e le varianti di risanamento valutati devono essere in linea di principio ecocompatibili, ossia devono rispettare le prescrizioni di legge in materia di protezione dell'ambiente. Solo queste varianti sono di fatto ecocompatibili e fattibili.

Nella tabella 7 sono riportati i principali criteri che occorre osservare per valutare la fattibilità e l'efficacia di una variante sotto il profilo dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica. Eventuali altri criteri devono essere motivati caso per caso e integrati nella valutazione.

**Tab. 7 > Criteri di valutazione dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica**

Ecocompatibilità, utilità ecologica	Osservazioni
Salvaguardia delle risorse, preservazione di spazio per le discariche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapporto «quantità di materiale destinato al trattamento», «quantità di materiale da conferire in discarica» (la valorizzazione deve ricevere una valutazione migliore rispetto al «dig and dump»)</li> <li>• Distruzione degli inquinanti contro dislocazione degli inquinanti</li> </ul>
Potenziale di inquinamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenziale di inquinamento prima e dopo il risanamento (in particolare per le decontaminazioni parziali e i provvedimenti di circoscrizione)</li> <li>• Relazione con i principi di risanamento (blocco alla fonte, efficacia nel tempo)</li> </ul>
Necessità e durata di controlli successivi / sorveglianza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivazione della necessità di controlli successivi / sorveglianza</li> <li>• Numero di anni per i controlli successivi / la sorveglianza</li> </ul>
Consumo di energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo di energia per le misure di risanamento, trasporto e smaltimento (trattamento o incenerimento e valorizzazione di rifiuti)</li> </ul>
Emissioni nell'aria, emissioni foniche, emissioni di polvere e di odori	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valori empirici per le emissioni nell'aria e le emissioni foniche di macchinari e materiali edili (scavatrici, pompe, mezzi di trasporto ecc. )</li> <li>• Numero di giorni con rilevanti emissioni nell'aria, emissioni foniche, emissioni di polvere e di odori (effetti sui dipendenti e sul vicinato)</li> </ul>

Per la ponderazione dei vari criteri di valutazione e la valutazione delle diverse varianti di risanamento si applicano gli stessi principi applicati nel precedente capitolo 5.2. Un esempio di matrice di valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili sotto il profilo dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica è illustrato nella seguente tabella 8.

**Tab. 8 > Esempio di matrice per la valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili sotto il profilo dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica**

Ecocompatibilità e utilità ecologica	Ponderazione*	Varianti								Motivazioni/osservazioni
		Variante 1**	Variante 1 ponderata***	Variante 2	Variante 2 ponderata	Variante 3	Variante 3 ponderata	Variante X	Variante X ponderata	
Salvaguardia delle risorse	1	4	4	2	2	4	4	...	...	
Potenziale di inquinamento / effettività	1,5	2	3	3	4,5	4	6	...	...	
Durata/necessità del post-trattamento	0,5	1	0,5	4	2	5	2,5	...	...	
Consumo di energia	1	2	2	1	1	2	2	...	...	
Emissioni nell'aria, emissioni foniche, emissioni di polveri e di odori	0,5	5	2,5	2	1	2	1	...	...	
Valutazione	4,5		12		10,5		15,5	...	...	

\* Ponderazione esemplare dei criteri di valutazione: 0,5 = poco rilevante, 1 = rilevante, 1,5 = molto rilevante

\*\* Ponderazione esemplare delle varianti: 1 = pessima, 2 = scarsa, 3 = sufficiente, 4 = buona, 5 = ottima

\*\*\* Valutazione ponderata: prodotto calcolato della ponderazione e della valutazione

## 5.4

**Valutazione dei costi**

Infine vengono quantificati e confrontati qualitativamente tra loro i costi delle singole varianti. Innanzitutto occorre distinguere tra costi per le misure di risanamento vere e proprie (pianificazione, progettazione, allestimento delle infrastrutture, esecuzione) e gli eventuali costi per l'esercizio e la manutenzione degli impianti nonché per la chiusura e la sorveglianza del sito risanato a causa di un eventuale rischio residuo.

**Tab. 9 > Criteri per la valutazione dei costi**

Costi di risanamento	Osservazioni
a) Costi di realizzazione (costi unici)	Costi per pianificazione, progettazione, infrastrutture, esecuzione delle misure di decontaminazione o di circoscrizione, sorveglianza della costruzione
b) Costi d'esercizio e di manutenzione (costi ricorrenti, se necessari)	Costi per sorveglianza, manutenzione, esercizio dell'impianto e delle infrastrutture
c) Costi di chiusura (costi unici)	Controllo dei risultati, eventuali misure di ristrutturazione e controllo successivo

Poiché i costi sono quantificabili, le varianti vanno confrontate in unità monetarie. La valutazione delle singole varianti deve essere riassunta sotto forma di tabella. Nella tabella 10 è riportata a titolo di esempio una rappresentazione grafica del confronto di varianti.

**Tab. 10 > Esempio di matrice delle varianti tecnicamente realizzabili sotto il profilo dei costi**

Valutazione dei costi	Costi variante 1 Anni manutenzione variante 1	Costi variante 2 Anni manutenzione variante 2	Costi variante 3 Anni manutenzione variante 3	Costi variante X Anni manutenzione variante X	Motivazioni/osservazioni
Costi di realizzazione (costi unici)	Fr. 250 000	Fr. 750 000	Fr. 500 000	Fr. ...	
Costi di gestione e manutenzione (costi ricorrenti)*	Fr. 20 000 x 15	- x 0	Fr. 30 000 x 5	Fr. ... x ...	
Costi di chiusura (costi unici)	Fr. 15 000	Fr. 25 000	Fr. 50 000	Fr. ...	
<b>Totale costi</b>	<b>Fr. 565 000</b>	<b>Fr. 775 000</b>	<b>Fr. 700 000</b>	<b>Fr. ...</b>	

\* solo se necessari (ad es. per misure di circoscrizione)

5.5

## Determinazione della variante ottimale e documentazione

Sulla base delle singole valutazioni di cui ai capitoli 5.2–5.4, per mezzo di una matrice di valutazione riassuntiva si procede alla determinazione della variante di risanamento ottimale per un determinato sito contaminato tra quelle fundamentalmente realizzabili.

A dipendenza dei casi può risultare opportuno ponderare diversamente il criterio collettivo «fattibilità/efficacia» rispetto a quello «ecocompatibilità e utilità ecologica». Nella tabella 11 si è partiti dal presupposto che i due criteri hanno lo stesso peso e ricevono quindi lo stesso fattore di ponderazione 1.

**Tab. 11 > Esempio di matrice riassuntiva delle varianti tecnicamente e giuridicamente realizzabili**

Valutazione riassuntiva	Ponderazione*	Variante 1	Variante 1 ponderata	Variante 2	Variante 2 ponderata	Variante 3	Variante 3 ponderata	Variante X	Motivazioni/osservazioni
Fattibilità/efficacia	1	12,5	12,5	20	20	16,5	16,5	...	
Ecocompatibilità e utilità ecologica	1	12	12	10,5	10,5	15,5	15,5	...	
<b>Totale punti valutazione</b>			<b>24,5</b>		<b>30,5</b>		<b>32</b>	...	
<b>Totale costi</b>		<b>Fr. 565 000</b>		<b>Fr. 775 000</b>		<b>Fr. 700 000</b>		...	

\* Ponderazione dei criteri di valutazione «Fattibilità/efficacia» rispetto ai criteri «Ecocompatibilità e utilità economica». In questo esempio entrambi hanno lo stesso valore e pertanto hanno ricevuto entrambi una ponderazione di 1.

Una possibilità di valutazione costi-benefici è quella di determinare per ciascuna variante i costi di un punto di valutazione (totale costi diviso per il numero di punti di valutazione).

Sulla base delle matrici di valutazione, nell'ambito dello studio di varianti ciascuna delle varianti valutate viene commentata in relazione ai suoi principali vantaggi e svantaggi.

La matrice di valutazione è lo strumento idoneo per confrontare tra loro le diverse varianti di risanamento in relazione a questi vari criteri di valutazione. La scelta di varianti ottimali, ma leggermente più costose è possibile ad esempio quando è giustificata dai benefici (maggiori prospettive di successo) o da minori effetti sull'ambiente.

Lo studio di varianti assume particolare importanza in caso di risanamenti con compensazione da parte della Confederazione. Se viene realizzata una variante diversa da quella ottimale, ma ugualmente idonea per raggiungere l'obiettivo di risanamento e finanziariamente molto più onerosa (come ad es. la decontaminazione per mezzo di scavi in un progetto edilizio), i costi computabili per le compensazioni OTaRSi sono calcolati in base alla variante di risanamento ottimale identificata nello studio di varianti.

## 6 > Pianificazione e descrizione della variante ottimale nel progetto di risanamento

---

Con la procedura strutturata per l'identificazione e la Valutazione delle varianti di risanamento descritta in precedenza (cfr. capitoli 4 e 5) vengono elaborati i seguenti risultati:

- > scelta delle varianti fondamentalmente possibili;
- > scelta e descrizione del metodo di risanamento tecnicamente realizzabile;
- > breve descrizione delle varianti tecnicamente realizzabili (combinazione di metodi);
- > confronto quantitativo e qualitativo delle varianti (tabella riassuntiva con motivazioni e valutazioni di tipo verbale-argomentativo).

Questa procedura strutturata in fasi costituisce la base per la determinazione e la descrizione della variante di risanamento ottimale nel quadro dello studio delle varianti come parte del progetto di risanamento. La procedura di valutazione deve essere motivata, illustrata e descritta in modo comprensibile per ogni tappa parziale.

Le autorità esecutive esaminano la scelta delle varianti e autorizzano la variante di risanamento ottimale. Se si intende richiedere compensazioni OTaRSi per un risanamento con costi previsti superiori a 250000 franchi occorre consultare l'UFAM prima della decisione definitiva circa la variante da realizzare.

Nel quadro dell'effettivo progetto di risanamento viene elaborata la variante di risanamento ottimale secondo i requisiti dell'articolo 17 OSiti, in modo tale che le autorità esecutive possano successivamente fissare i provvedimenti necessari nell'ambito della decisione di risanamento secondo l'articolo 18 OSiti.

## > Elenchi

### Abbreviazioni

#### BTEX

Benzolo, toluolo, etilbenzolo e xilolo

#### COVC

Composti organici volatili clorurati

#### DATEC

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

#### IC

Idrocarburi

#### ICP

Idrocarburi derivati dal petrolio

#### ID

Indagine dettagliata

#### IP

Indagine preliminare

#### IPA

Idrocarburi policiclici aromatici

#### LPAmb

Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (Legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb, RS 814.01)

#### MNA

Attenuazione naturale monitorata

#### NA

Attenuazione naturale

#### OSiti

Ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (Ordinanza sui siti contaminati, OSiti, RS 814.680)

#### OTaRSi

Ordinanza del 26 settembre 2008 sulla tassa per il risanamento dei siti contaminati (OTaRSi, RS 814.681)

#### OTR

Ordinanza tecnica del 10 dicembre 1990 sui rifiuti (OTR, RS 814.600)

#### PCB

Bifenile policlorato

#### PCDD/F

Policloro-dibenzo-*p*-diossine e dibenzofurani

#### UFAM

Ufficio federale dell'ambiente

### Figure

#### Fig. 1

Procedura dettagliata per l'allestimento di progetti di risanamento 14

#### Fig. 2

Schema del processo di identificazione e Valutazione delle varianti per il risanamento di siti contaminati 16

#### Fig. 3

Presupposti per l'applicabilità di un provvedimento 18

#### Fig. 4

Presupposti per l'applicabilità generale di un provvedimento (fase 1) 19

### Tabelle

#### Tab. 1

Metodi off-site e on-site 21

#### Tab. 2

Procedimenti in situ 21

#### Tab. 3

Supporti decisionali rilevanti per un risanamento in-situ, on-site o off-site 22

#### Tab. 4

Procedimento per la circoscrizione di un sito contaminato 23

#### Tab. 5

Criteri per la valutazione della fattibilità e dell'efficacia 26

#### Tab. 6

Esempio di matrice per la valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili in relazione alla fattibilità e all'efficacia 27

#### Tab. 7

Criteri di valutazione dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica 28

---

<b>Tab. 8</b> Esempio di matrice per la valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili sotto il profilo dell'ecocompatibilità e dell'utilità ecologica	28
<b>Tab. 9</b> Criteri per la valutazione dei costi	29
<b>Tab. 10</b> Esempio di matrice delle varianti tecnicamente realizzabili sotto il profilo dei costi	29
<b>Tab. 11</b> Esempio di matrice riassuntiva delle varianti tecnicamente e giuridicamente realizzabili	30

---

## > Allegato

Esempio schematico di applicazione

**Fase 1:**  
Scelta dei possibili provvedimenti

**Fase 2:**  
Identificazione die procedimenti tecnicamente realizzabili

**Fase 3:**  
Identificazione di varianti di risanamento

**Fase 4:**  
Valutazione delle varianti tecnicamente realizzabili

