

26 novembre 2025

Argini longitudinali lungo i corsi d'acqua

Linee guida per la pratica



hydrosuisse
Commissione per la protezione contro le piene
(KOHS)

Su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Nota editoriale

Committente	Confederazione Svizzera Ufficio federale dell'ambiente UFAM Dipartimento di prevenzione dei rischi 3003 Berna		
Mandatario	hydrosuisse Rütistrasse 3a 5400 Baden		
Gruppo di lavoro argini longitudinali	KOHS	Dieter Müller (gestione del progetto) Jürg Speerli	
	UFAM	Christian Holzgang	
	Pianificatore	Peter Billeter (IUB Engineering AG)	
Gruppo di accompagnamento argini longitudinali	Adrian Schertenleib (UFAM) Rocco Panduri (STK/AXPO) Amin Askarinejad (BFE) David Vetsch (VAW-ETHZ) Daniel Dietsche (direttore dei lavori del Reno) /Thomas Gasser (impresa del Reno) Tim Wepf (Canton TG) Ralph Jud, Markus Jud (Linthingenieure) Silvio Moser (Canton AG) Hansjörg Vogt (tragweite AG vogt ingenieure) Falk Kortenhof (LTV Sassonia, Germania) Fedy Elber (AquaPlus) Rudi Pesch, Philipp Teyssiere (VS)		
Nota	Questo studio è stato redatto su incarico dell'UFAM. Il contenuto è di esclusiva responsabilità del mandante.		

Elenco delle modifiche

Ver- sione	data	Cambiamenti	Creato	Testato	Rilasciato
1.00	24.04.2025		D. Müller		D. Müller
1.10	26.11.2025	Traduzione	Kl, Simona Tamagni		D. Müller

Foto di copertina: Argini longitudinali sul Reno alpino (Jürg Speerli)

Prefazione

I circa 65'500 km di corsi d'acqua presenti in Svizzera sono in diversi tratti caratterizzati dalla presenza di argini longitudinali lungo le sponde. Molte di queste opere di sistemazione idraulica risalgono al XVIII secolo e sono state realizzate principalmente per la protezione contro le piene, contribuendo così in modo significativo allo sviluppo economico della Svizzera.

Molte di queste opere di protezione hanno quindi raggiunto un'età considerevole e presentano, a seconda del grado di manutenzione, diversi deficit strutturali o funzionali. Nella valutazione delle misure future, ci si deve interrogare sulla capacità degli argini longitudinali di garantire ancora la loro funzione originaria, e su come sia possibile soddisfare i requisiti attuali in termini di sicurezza, ecologia e aspetti socio-economici. Alcuni eventi di piena verificatisi negli ultimi decenni hanno dimostrato che il cedimento di argini longitudinali può causare danni considerevoli. Con l'approccio della gestione integrale del rischio, oggi l'attenzione non è più rivolta unicamente alle misure costruttive, ma piuttosto alla combinazione ottimale di interventi pianificatori, organizzativi, tecnici e d'ingegneria naturalistica. Gli argini longitudinali devono pertanto essere in grado, lungo l'intero arco della loro vita utile, non solo di soddisfare requisiti più elevati in termini di sicurezza e utilizzo, ma anche di resistere a situazioni di sovraccarico e di consentire l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Gli argini longitudinali destinati alla protezione contro le piene, nonostante la loro elevata rilevanza socioeconomica, risultano tuttora poco regolamentati, e mancano raccomandazioni per un'applicazione uniforme delle disposizioni. Con queste linee guida, elaborate da un gruppo di lavoro della Commissione per la protezione contro le piene (KOHS) dell'Associazione svizzera per l'economia delle acque (ASEA, oggi Hydrosuisse), supportate da un gruppo di accompagnamento e finanziate dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), è possibile affrontare in modo sistematico le questioni ricorrenti relative all'applicazione pratica, alla gestione integrale del rischio e all'intero ciclo di vita di queste opere di protezione.

Attualmente sono in fase di elaborazione delle nuove linee guida "Pianificazione di progetti di sistemazione idraulica", che sostituirà la direttiva "Protezione contro le piene nei corsi d'acqua" del 2001. A seguito della sua pubblicazione, è molto probabile che verranno apportate delle modifiche al presente manuale.

Ci auguriamo che questa guida dedicata agli argini longitudinali lungo i corsi d'acqua possa costituire un importante strumento di supporto per i progettisti, il personale amministrativo, i proprietari e gestori delle opere nonché per le imprese esecutrici coinvolte.

Dieter Müller

Presidente della KOHS della hydrosuisse

Riassunto

Gli argini longitudinali, al pari di altre opere strutturali, devono essere manutenuti e monitorati nel tempo. Alcuni di questi argini in Svizzera hanno ormai raggiunto la fine della loro durata di vita e necessitano di interventi di risanamento o di ripristino. Nel contesto di progetti di protezione contro le piene e di rivitalizzazione fluviale, può rendersi necessaria o opportuna la rimozione di tratti arginali, con la conseguente progettazione e realizzazione di nuovi argini. Gli specialisti degli studi d'ingegneria e del settore amministrativo si trovano quindi ad affrontare molteplici compiti e questioni tecniche. La presente guida si propone di fornire una sintesi aggiornata delle conoscenze relative agli argini longitudinali e di mettere a disposizione delle persone interessate le informazioni necessarie per affrontare tali compiti e interrogativi. Le linee guida adottano un approccio globale nella descrizione degli argini longitudinali. Basandosi sui principi della gestione del ciclo di vita e in relazione al concetto di gestione integrale del rischio, il tema degli argini longitudinali viene analizzato nei diversi capitoli corrispondenti alle varie fasi di vita dell'opera. Oltre agli aspetti tecnici, vengono affrontate anche le tematiche ecologiche ed economiche. Dai capitoli si può dedurre quanto segue per ciascuna fase:

Nella fase di “Analisi e definizione dei bisogni”, occorre considerare che gli argini longitudinali non servono unicamente alla protezione contro le piene, ma presentano numerosi punti di contatto con altri ambiti. Essi influenzano e sono influenzati da fattori quali l'utilizzo del territorio, l'ecologia, il paesaggio e la pianificazione del territorio. Tali interrelazioni devono essere considerate al fine di garantire una pianificazione globale e sostenibile.

Nel capitolo “Concetto e fattibilità” viene sottolineata l'importanza di definire in una fase iniziale gli obiettivi del progetto, poiché ciò costituisce la base per la pianificazione successiva. Fin dalle prime fasi devono essere sviluppate le prime considerazioni relative al concetto di protezione e alla sicurezza del sistema, al fine di ridurre i rischi. La fattibilità del progetto viene inoltre garantita attraverso la valutazione di diverse varianti, così da individuare la soluzione ottimale.

Nella fase di “Pianificazione e autorizzazione” vengono specificati i principi di dimensionamento, al fine di disporre di una base solida per la fase esecutiva. È necessaria un'analisi approfondita delle condizioni geotecniche e dei possibili scenari di cedimento della struttura, per identificare precocemente i rischi strutturali. Inoltre, deve essere definito il tipo di utilizzo consentito dell'argine, così da garantire la funzionalità e la sicurezza durante l'esercizio.

Infine, devono essere previste disposizioni chiare per l’“Esercizio e la manutenzione” dell'argine longitudinale. Una gestione consapevole della vegetazione e della copertura arborea risulta fondamentale per garantire la stabilità dell'opera. Devono inoltre essere elaborate le basi operative per gli interventi in caso di evento. Tutti questi aspetti devono essere considerati e coordinati già nella fase di pianificazione, al fine di assicurare sicurezza e funzionalità a lungo termine.

Le linee guida si basano sull'esperienza degli autori maturata nella pianificazione e realizzazione di argini longitudinali lungo i corsi d'acqua in Svizzera, esperienza che si è rivelata di particolare rilevanza. Le raccomandazioni qui presentate sono state discusse in modo approfondito con specialisti provenienti dalle amministrazioni cantonali e federali, dal mondo della ricerca, da gestori di impianti idroelettrici e da uffici di progettazione. Il confronto con questi esperti ha permesso di sviluppare raccomandazioni orientate alla pratica. Le raccomandazioni sono inoltre completate da esempi concreti, che illustrano i diversi aspetti delle fasi di pianificazione, esecuzione, esercizio e manutenzione. Tali esempi illustrano l'applicazione dei principi esposti e mostrano come le sfide

progettuali possano essere affrontate con successo. Inoltre, si fa riferimento alla letteratura nazionale e internazionale di riferimento che fornisce ulteriori informazioni su argomenti specifici.

Indice

1	Introduzione	8
2	Definizione e delimitazione	10
3	Argini longitudinali come parte della gestione integrale del rischio	12
4	Gestione del ciclo di vita.....	14
5	Determinazione della necessità e delle opzioni d'intervento.....	16
6	Fase (I): Analisi e definizione dei bisogni	18
6.1	Introduzione.....	18
6.2	Obiettivi e prodotti	18
6.3	Punti chiave	19
6.3.1	Aspetti fondamentali.....	19
6.3.2	Ambiti di competenza.....	19
6.3.3	Definizione del progetto, delimitazione del sistema e punti di contatto	20
6.3.4	Obiettivi di progetto.....	20
6.3.5	Raccolta dei dati di base.....	23
6.3.6	Scelta della soluzione.....	23
6.4	Esempi.....	24
7	Fase (II): Concetto e fattibilità	25
7.1	Introduzione.....	25
7.2	Obiettivi e prodotti	25
7.3	Punti chiave	25
7.3.1	Accordo sugli obiettivi di progetto.....	25
7.3.2	Concetto di protezione.....	27
7.3.3	Sicurezza del sistema.....	28
7.3.4	Studio di fattibilità	29
7.3.5	Studio delle varianti	30
7.3.6	Scelta della variante	31
7.4	Esempi	31
8	Fase (III): Pianificazione e autorizzazione.....	32
8.1	Introduzione.....	32
8.2	Obiettivi e prodotti	32
8.3	Punti chiave	33
8.3.1	Base di dimensionamento	33
8.3.2	Piena di dimensionamento, sovraccarico e francobordo	33

8.3.3	Sottosuolo e materiali da costruzione	34
8.3.4	Meccanismi di rottura.....	34
8.3.5	Dimensionamento dell'argine / Situazioni di carico	36
8.3.6	Costruzione geotecnica degli argini.....	41
8.3.7	Utilizzo e gestione.....	44
8.3.8	Vegetazione, copertura arborea e animali scavatori	45
8.4	Esempi.....	47
9	Fase (IV): Approvvigionamento e realizzazione.....	48
9.1	Introduzione.....	48
9.2	Obiettivi e prodotti	48
9.3	Punti chiave	48
9.3.1	Gara d'appalto per l'impresa di costruzione	48
9.3.2	Controllo della qualità in fase di esecuzione.....	50
9.4	Esempi.....	50
10	Fase (V): Esercizio e manutenzione	51
10.1	Introduzione.....	51
10.2	Obiettivi e prodotti	51
10.3	Punti chiave	51
10.3.1	Utilizzo e gestione.....	51
10.3.2	Manutenzione	52
10.3.3	Vegetazione, copertura arborea e animali scavatori	53
10.3.4	Monitoraggio	54
10.3.5	Piano di emergenza e intervento in caso di evento	55
10.4	Esempi.....	58
11	Bibliografia	59
12	Appendice A: Esempi di progetti	61
13	Allegato B: Ulteriore letteratura di riferimento	103

1 Introduzione

I circa 65'500 km di corsi d'acqua presenti in Svizzera sono, in diversi tratti, caratterizzati dalla presenza di argini longitudinali lungo le sponde. I principali fiumi svizzeri (v. Figura 1-1) risultano arginati per circa il 49% della loro lunghezza (VAW, 2018). Questi argini svolgono funzioni differenti: alcuni sono destinati alla protezione contro le piene, mentre altri consentono la produzione di energia idroelettrica e servono al mantenimento degli invasi delle centrali fluviali. Gli argini di protezione contro le piene e quelli di sbarramento per la regolazione dei livelli idrici rivestono pertanto, ciascuno a modo loro, una notevole rilevanza socioeconomica. Come dimostrano gli eventi del passato, il cedimento di argini longitudinali può provocare danni considerevoli.

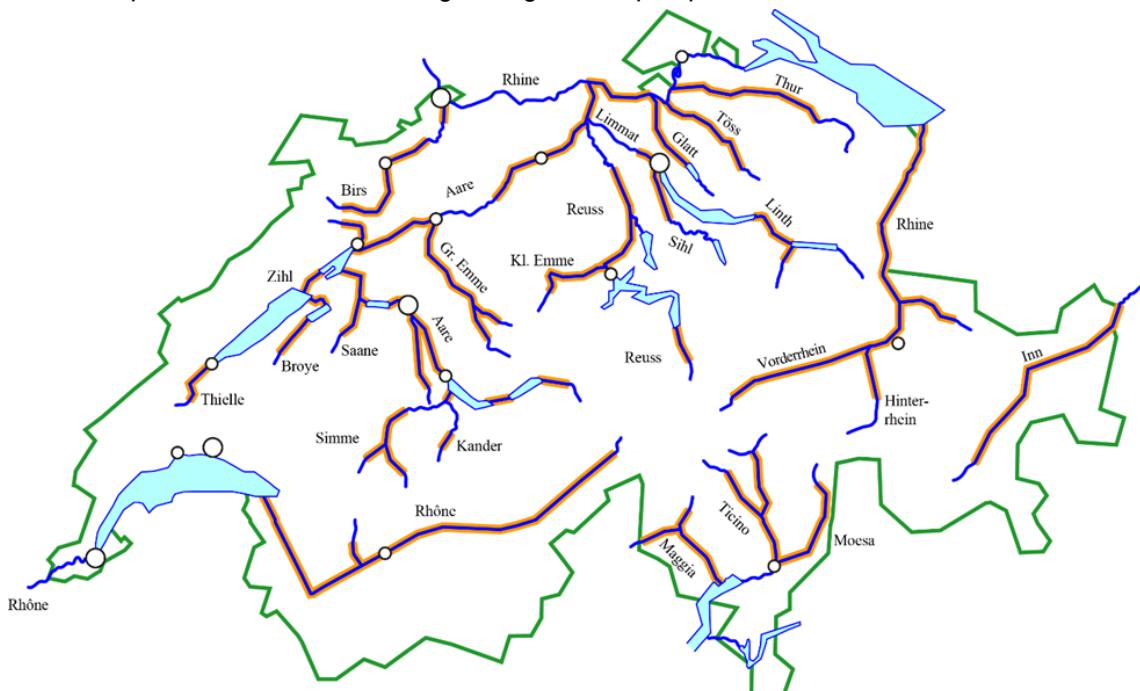


Figura 1-1: Correzioni fluviali in Svizzera nel XVIII e XIX secolo, con le correzioni fluviali di maggiore estensione evidenziate in arancione (da VAW, 2018). Circa il 49% di questi fiumi ha argini longitudinali.

Gli argini longitudinali che servono all'utilizzo e al ristagno delle acque per le centrali idroelettriche fluviali sono regolamentati dalle direttive di sicurezza della legislazione sulle dighe. Diverso è il caso degli argini longitudinali per la protezione contro le piene. Nonostante l'elevata rilevanza socioeconomica, in questo ambito mancano raccomandazioni per un'applicazione uniforme. L'UFAM si adopera per elaborare strumenti di supporto per la gestione degli argini longitudinali, in modo analogo alle direttive già esistenti per la gestione delle dighe (UFE).

Le basi in merito sono state elaborate in una fase iniziale grazie a un contributo della Svizzera al rapporto di un gruppo di lavoro dell'ICOLD (VAW, 2018). In tale rapporto viene fornita una panoramica delle misure di protezione contro le piene mediante argini longitudinali e viene illustrata l'importanza di tali argini per la protezione della popolazione e delle infrastrutture.

In una fase successiva, il consorzio IUB Engineering AG e Niederer + Pozzi Umwelt AG, con il supporto di un gruppo di lavoro composto da rappresentanti dell'UFAM, della KOHS, dei Cantoni, dell'UFE, dei gestori di centrali elettriche, delle scuole universitarie e di Swissdams, ha redatto il rapporto “Argini longitudinali – Basi per la delimitazione e i punti di contatto, 21.12.2021” (non

pubblicato), volto alla valutazione e alla concezione di uno strumento di lavoro per la gestione degli argini longitudinali.

In una fase successiva, l'UFAM ha incaricato l'Associazione svizzera di economia delle acque (ASEA), rappresentata dalla Commissione per la protezione contro le piene, l'ingegneria idraulica e la gestione dei corsi d'acqua (KOHS), di elaborare una base di riferimento per gli argini longitudinali destinati alla protezione contro le piene, colmando così una lacuna nella prevenzione dei pericoli legati ai corsi d'acqua.

Con le presenti linee guida è possibile affrontare le questioni ricorrenti emerse nell'applicazione pratica, nella gestione integrale del rischio e lungo l'intero ciclo di vita di queste opere di protezione. Le sfide che si presentano nel corso del ciclo di vita sono illustrate nelle varie fasi. Oggi gli argini longitudinali devono spesso assolvere funzioni multiple. Ciò significa che, oltre alla funzione primaria di protezione, costituiscono anche elementi del paesaggio e habitat per la flora, la fauna e l'uomo. Il presente documento definisce i punti focali tecnici sia per gli argini longitudinali esistenti sia per quelli nuovi, ma non va inteso come esaustivo. Temi di carattere generale relativi alla protezione contro le piene sono trattati solo laddove occorre descrivere aspetti specifici riguardanti gli argini longitudinali.

Raccomandazioni per la gestione degli argini di piccoli sbarramenti sono inoltre state elaborate nella pubblicazione specialistica “Sicherheit von kleinen Stauanlagen” (cioè “Piccole opere di sbarramento”, pubblicazione attualmente solo in lingua tedesca, Comitato Svizzero delle Digue STK, 2025).

2 Definizione e delimitazione

Per argini longitudinali, nel senso di argini di protezione contro le piene, si intendono opere di protezione situate lungo corsi d'acqua naturali o artificiali, generalmente corsi d'acqua. Tra questi rientrano in particolare anche gli argini in corrispondenza di allargamenti. A differenza delle dighe di ritenuta (digue presso opere di sbarramento), questi argini sono soggetti a invaso solo in caso di piena e non in modo permanente; il massimo carico idraulico si verifica raramente, a seconda del progetto e del livello di sicurezza previsto.

Nel caso di sbarramenti fluviali, occorre definire un limite chiaro tra gli argini longitudinali destinati alla protezione contro le piene (denominati nel presente documento “argini longitudinali”) e gli argini destinati alla ritenuta d'acqua per l'utilizzo idroelettrico, poiché questi due tipi di opere possono presentare una transizione graduale. Tale delimitazione deve essere conforme alla prassi dell'Ufficio federale dell'energia (UFE).



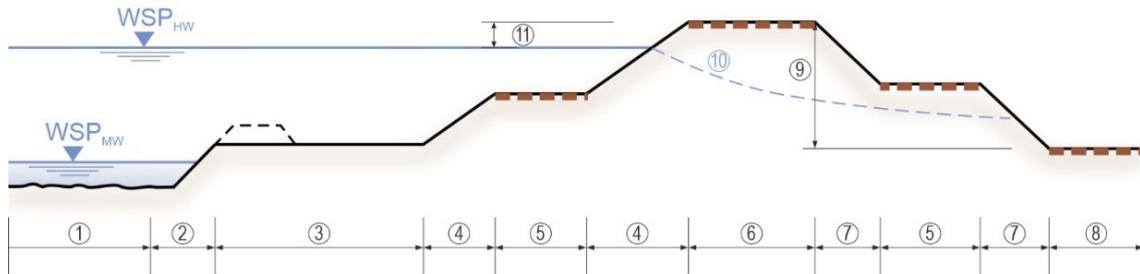
Figura 2-1: Delimitazione delle dighe di ritenuta secondo l'UFE (UFE, 2015, Linee guida sulla sicurezza delle dighe. Parte A, Generale, Fig. A13, modificato).

Nella direttiva sulla sicurezza delle dighe, parte A (UFE, 2015), l'UFE stabilisce una delimitazione rappresentata nella Figura 2-1 riportata di seguito. Come delimitazione tra argini di protezione contro le piene e di ritenzione viene definito il punto d'intersezione geometrico tra il livello dell'acqua in situazione di magra (della portata Q_{347}) e l'orizzontale situata 1 m al di sopra del livello massimo di invaso. Qualora esistano argini longitudinali in corrispondenza di opere di sbarramento o bacini di ritenzione per le piene che non rientrano nel campo di applicazione dell'ordinanza sulle dighe OlmA, tale delimitazione è parimenti valida.

Gli argini longitudinali per la protezione contro le piene lungo i corsi d'acqua sono descritti mediante profili longitudinali e trasversali. I termini e le denominazioni principali sono definiti nel profilo trasversale riportato in Figura 2-2. Quest'ultima riunisce in un'unica rappresentazione le possibili varianti costruttive. A seconda delle condizioni locali (argini grandi, medi o piccoli), possono mancare le aree di golena e le berme sul lato dell'acqua o sul lato di terra. La pista di intervento può trovarsi su una berma, nel retrostante terreno o sul coronamento dell'argine.

La presente guida si riferisce agli argini longitudinali esistenti e nuovi lungo i corsi d'acqua che, in caso di cedimento, comporterebbero un pericolo significativo. Tale pericolo deve pertanto essere valutato caso per caso (v. Capitolo 8). L'altezza effettiva dell'argine rispetto al terreno e l'inclinazione del lato di terra non devono quindi costituire un criterio assoluto. Nei torrenti e nei fiumi

di montagna con forti pendenze occorre, se del caso, considerare ulteriori aspetti (stabilità delle scarpate, profondità della fossa di erosione, velocità di deflusso, ecc.).



- ① Alveo in situazione di magra
- ② Stabilizzazione dell'argine
- ③ Zona golendale con possibile argine per delimitare la zona golendale
- ④ Argine lato acqua
- ⑤ Berma / pista d'intervento
- ⑥ Coronamento dell'argine/ pista d'intervento / strade accessibili al traffico
- ⑦ Argine lato terra
- ⑧ Entroterra / pista d'intervento/strade accessibili al traffico
- ⑨ Altezza della diga
- ⑩ Linea di infiltrazione
- ⑪ Francobordo

Figura 2-2: Denominazioni riportate sull'esempio di un grande argine longitudinale.

Occorre inoltre considerare che, a seconda della situazione topografica, anche gli argini di protezione disposti trasversalmente possono svolgere la funzione di un argine longitudinale. Figura 2-3 mostra una situazione di questo tipo, in cui l'argine disposto trasversalmente al corso d'acqua protegge l'area d'insediamento.

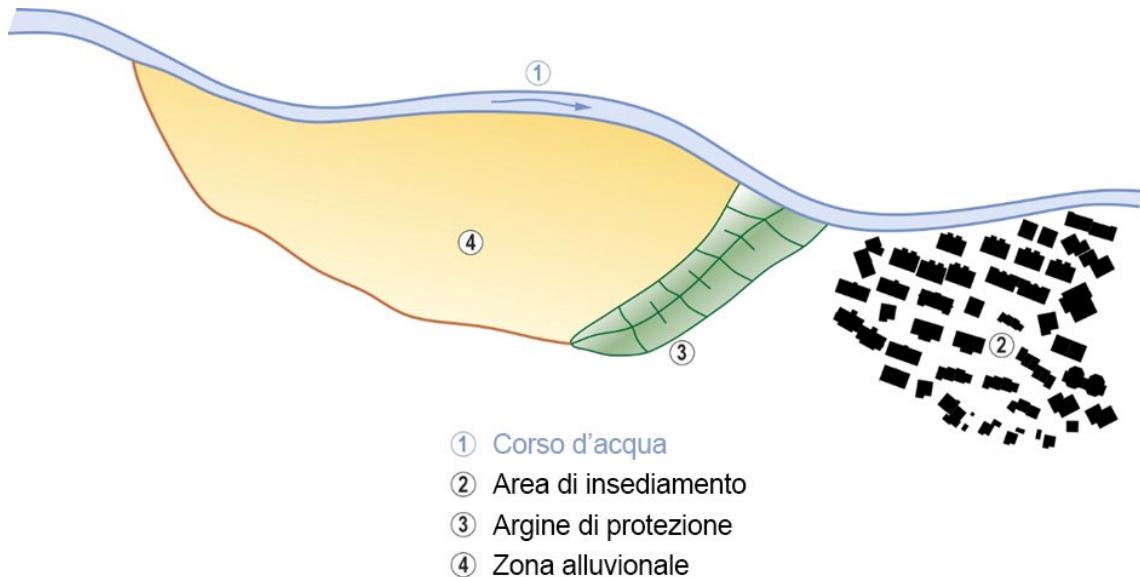


Figura 2-3: Argine di protezione con funzione di argine longitudinale.

3 Argini longitudinali come parte della gestione integrale del rischio

La gestione integrale del rischio (GIR) comprende l'insieme delle misure e dei metodi volti a creare e mantenere nel lungo termine il livello di sicurezza desiderato. Essa include il rilevamento e la valutazione periodica dei rischi in funzione della loro sostenibilità. Dalla rilevazione e dalla valutazione dei rischi vengono dedotti la necessità d'intervento e le relative priorità. Mediante misure adeguate, l'evoluzione dei rischi viene controllata in modo che i rischi futuri restino entro limiti accettabili, quelli esistenti siano ridotti a un livello sostenibile e i rischi residui possano essere sostenuti in modo congiunto.

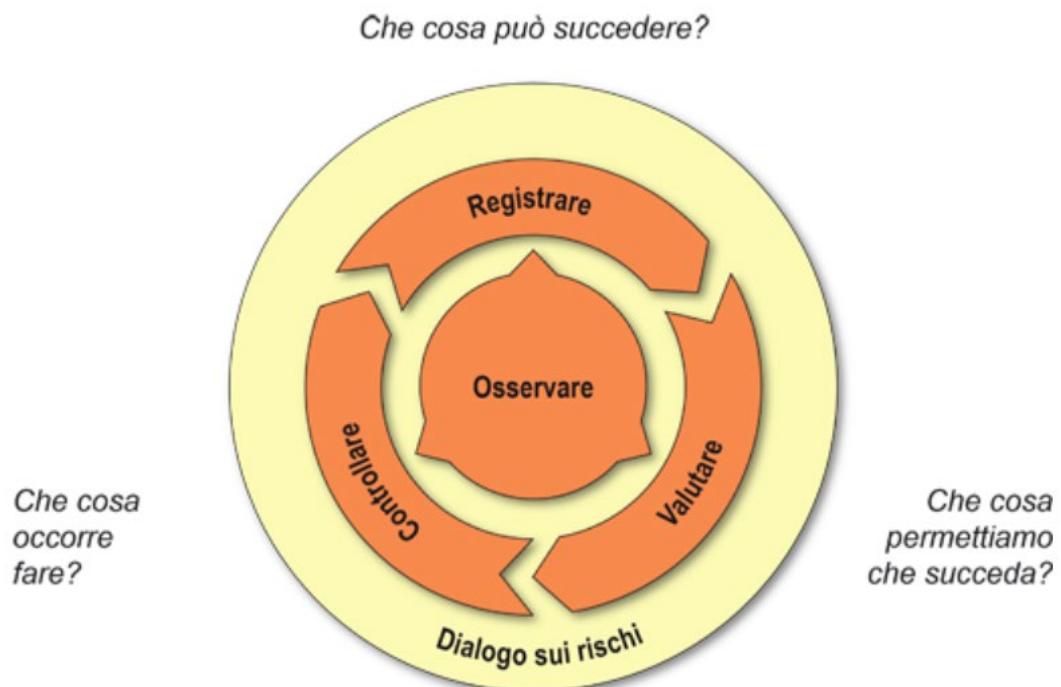


Figura 3-1: Gestione integrale del rischio (Fonte: PLANAT.2013).

La gestione integrale del rischio (Figura 3-1) richiede l'adozione di misure ecologicamente sostenibili, socialmente accettabili ed economicamente proporzionate, che consentano di raggiungere e mantenere un livello di sicurezza adeguato.

Le misure per la gestione dei rischi sono molteplici e devono essere combinate in modo ottimale. In passato, molti corsi d'acqua in Svizzera sono stati corretti, potenziati mediante opere di protezione delle sponde e spesso delimitati da argini longitudinali. Gli argini longitudinali lungo i corsi d'acqua rappresentano un possibile approccio per creare sicurezza e limitare i rischi a un livello sostenibile. Nel contesto della gestione integrale del rischio, le domande "Che cosa può accadere?", "Che cosa può essere tollerato?" e "Che cosa occorre fare?" devono essere poste non solo in caso di nuove costruzioni, ma in particolare anche per le opere esistenti.

Che cosa può accadere?

I rischi devono essere rilevati. Ciò richiede la considerazione di tutti i processi che influiscono sull'opera, comprese tutte le pos-

sibili manifestazioni degli stessi. Questo include anche il comportamento dell'opera stessa. È fondamentale valutare i diversi scenari in relazione alla sicurezza strutturale e alla funzionalità dell'argine longitudinale. In questo modo si determina a partire da quale momento e in che misura la funzione dell'argine non è più garantita, oppure la capacità portante non è più assicurata e possono verificarsi danni sul lato di terra. Questi ultimi devono essere rilevati in modo sistematico per i diversi beni da proteggere, al fine di determinare i rischi risultanti. Poiché sia la funzione sia la capacità portante possono modificarsi con l'invecchiamento dell'opera, le basi di riferimento devono essere aggiornate regolarmente e, di conseguenza, i rischi devono essere nuovamente determinati. Ulteriori dettagli sono riportati al Capitolo 5.

Che cosa può essere tollerato? Sulla base dei rischi rilevati occorre decidere, insieme ai portatori di responsabilità e di rischio, in quale misura la situazione di rischio sia sostenibile o insostenibile. Può ad esempio essere rilevante la questione se le condizioni geotecniche o l'eventuale cedimento dell'argine longitudinale siano accettabili in relazione ai rischi attesi sul lato di terra, oppure se si rendano necessarie misure di rinforzo. Ulteriori dettagli sono riportati ai Capitoli 5 e 6

Che cosa occorre fare?

L'efficacia protettiva degli argini longitudinali è, in linea di principio, limitata. Sono pertanto sempre necessarie ulteriori misure, da attuare in forme diverse: nel bacino imbrifero, nel gestire, superare o prevenire gli eventi. Ad esempio gli interventi durante un evento (ad es. sull'argine stesso o nell'area sul lato di terra), così come la manutenzione, il ripristino e il potenziamento delle opere, rivestono anch'essi un ruolo importante nella gestione integrale del rischio. Ulteriori dettagli sono riportati ai Capitoli da 6 a 10.

Un'analisi più approfondita degli aspetti della gestione integrale del rischio è presentata nei capitoli seguenti.

4 Gestione del ciclo di vita

Gli argini longitudinali lungo i corsi d'acqua sono opere di protezione realizzate o da realizzare per una durata di vita di più generazioni. Essi fanno parte di un sistema di protezione. La loro funzionalità deve essere garantita nel lungo periodo, anche se è noto che le condizioni degli argini longitudinali possono modificarsi con il tempo, ad esempio a causa di sedimenti o di fenomeni di erosione spondale. Diventa pertanto indispensabile una considerazione che copra l'intero ciclo di vita (Figura 4-1). L'asse delle ordinate in Figura 4-1 rappresenta la funzionalità in relazione alla sicurezza contro le piene, mentre l'asse delle ascisse rappresenta il tempo. Al raggiungimento di una condizione critica (punto rosso a sinistra) diventano necessarie misure d'intervento sull'opera di protezione esistente. Dopo eventi di piena, tali misure possono consistere in interventi urgenti (in Figura 4-1 SOMA, cioè Sofort Massnahmen). La successiva durata effettiva di vita dovrebbe estendersi per alcuni decenni e, grazie al potenziamento o alla ricostruzione degli argini longitudinali accompagnati da una manutenzione regolare, può essere ulteriormente prolungata. Quando si raggiunge nuovamente una condizione critica (punto rosso a destra), il ciclo ricomincia. Una soluzione sostenibile implica quindi un approccio transdisciplinare che consideri il più possibile l'intero ciclo di vita.

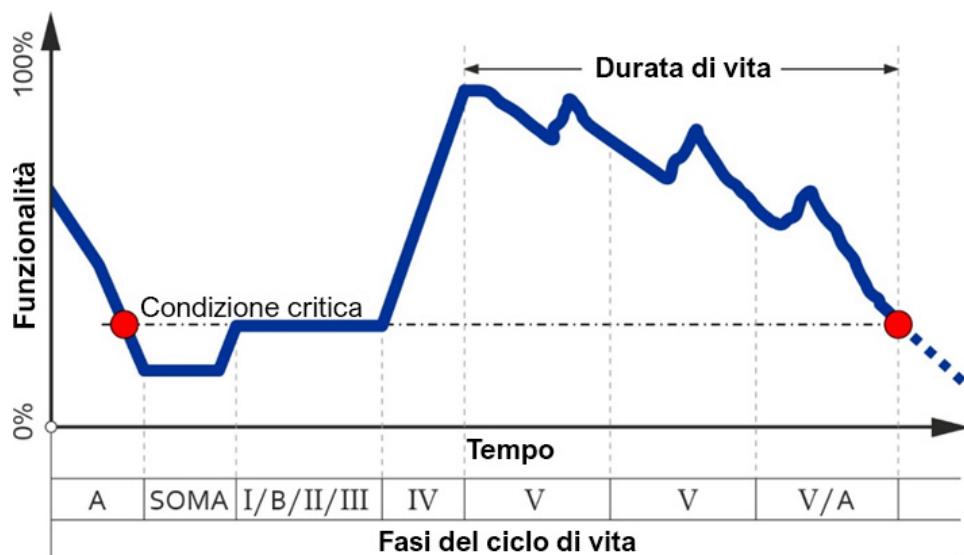


Figura 4-1: *Modello del ciclo di vita degli argini longitudinali (non in scala): mediante interventi urgenti (SOMA = Sofortmassnahmen) è possibile stabilizzare temporaneamente la condizione critica. Per aumentare la funzionalità degli argini longitudinali devono essere quindi avviate le fasi I–III e attuata la fase IV (per la spiegazione delle fasi vedi Figura 4-2), che comprende misure quali il potenziamento o la ricostruzione dell'opera di protezione. (modificato da UFAM, 2022a, Fig. 7)*

Ispirandosi al principio dell'ingegneria dei sistemi illustrato in "Gestione di vecchi sistemi di protezione nei torrenti" (UFAM, 2022a) e ai modelli prestazionali della SIA, è stato elaborato un concetto adattato per gli argini longitudinali (Figura 4-2). Le Fasi (I)–(V) rappresentano il ciclo di vita degli argini longitudinali: dalla concezione alla pianificazione, autorizzazione, appalto, realizzazione e manutenzione, fino al termine della vita utile dell'opera. Nelle fasi (I)–(IV) vengono sviluppate le misure necessarie per l'evoluzione del sistema, mentre la Fase (V) comprende le misure di manutenzione del sistema. Un miglioramento della qualità può inoltre essere ottenuto in ogni

fase mediante un processo di miglioramento continuo secondo il principio PDCA (Plan–Do–Check–Act).

Eventuali adattamenti o miglioramenti del sistema avvengono nella fase (A), in cui viene individuata la necessità d'intervento per le misure oppure si discutono le modifiche e le possibili nuove soluzioni (B).

Anche la norma SIA 112 "Modello di pianificazione delle costruzioni" prevede un modello a fasi che si estende all'intera durata di vita delle opere di protezione, come gli argini longitudinali. Le corrispondenti fasi SIA sono riportate in Figura 4-2, in relazione alle fasi del ciclo di vita.

Le singole fasi relative agli argini longitudinali sono trattate in modo specifico nei capitoli seguenti.

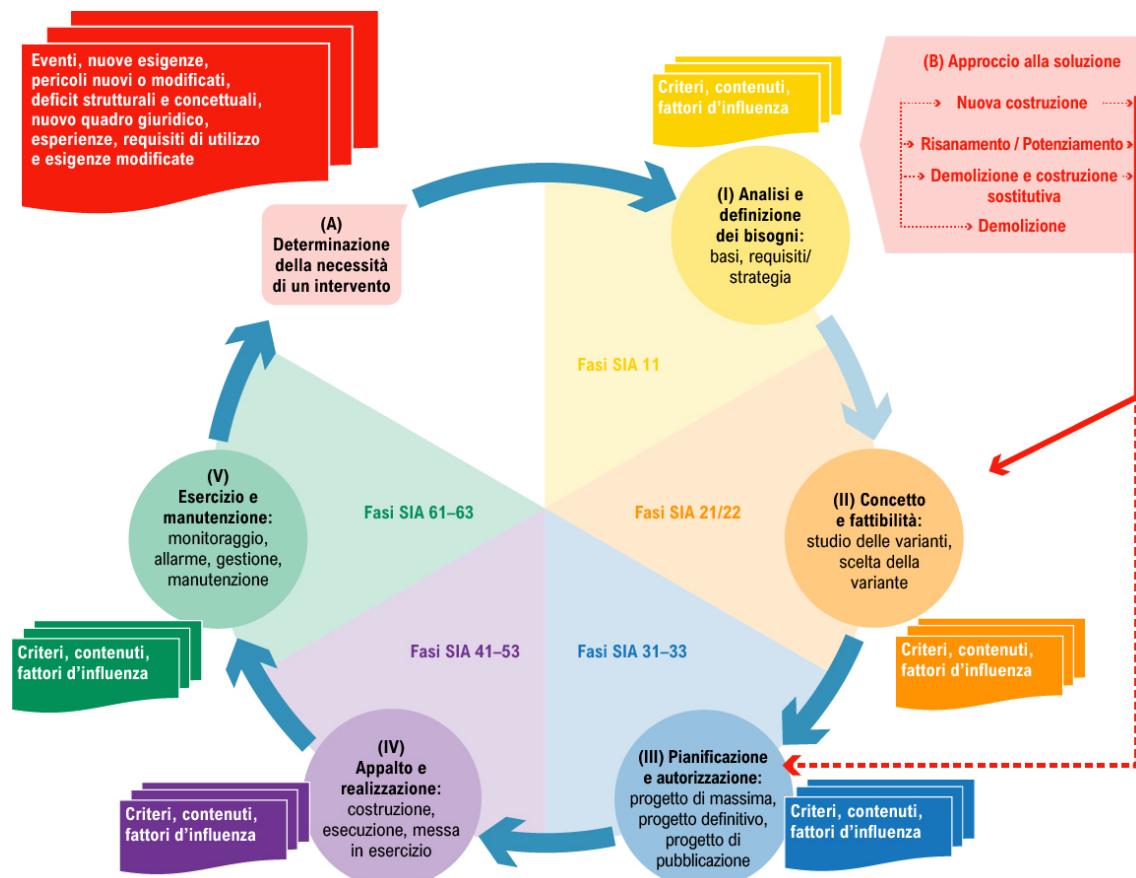


Figura 4-2: Gestione del ciclo di vita degli argini longitudinali (illustrazione propria).

5 Determinazione della necessità e delle opzioni d'intervento

La necessità d'intervento può emergere sia prima della costruzione di un nuovo argine longitudinale, sia durante il ciclo di vita, sia al termine della vita utile dell'opera, quando occorre decidere se essa debba o possa essere risanata, potenziata, sostituita con una nuova o diversa struttura oppure demolita senza sostituzione (vedi Fasi A e B in Figura 4-2).

Le cause che possono determinare una necessità d'intervento (A) possono essere (elenco non esaustivo):

- Riduzione locale della sicurezza degli argini longitudinali a causa di deficit strutturali o danni riscontrati durante il monitoraggio o verificatisi in occasione di eventi (di piena). Questi includono, ad esempio:
 - scorrimenti o frane della scarpata sul lato acqua o sul lato terra
 - fuoruscite di acqua di infiltrazione sul lato di terra e zone di ristagno d'acqua ai piedi dell'argine
 - innalzamento dell'acqua di falda nella zona del piede dell'argine, con o senza trascinamento di materiale
 - formazioni di brecce e tracimazioni non ammissibili
 - assestamenti del coronamento dell'argine e/o delle berme
 - danneggiamento delle opere di difesa spondale e/o della protezione contro l'erosione
 - variazioni non tollerabili dell'alveo con formazione di fosse d'erosione, sottoerosioni e depositi in alveo
 - danni causati da raffiche di vento
 - indebolimento dovuto alla presenza di animali scavatori, vegetazione e radici.
- Deficit di protezione concettuali dovuti a un'insufficiente sicurezza contro le piene, rilevati attraverso il monitoraggio (ad es. rilievi di profili trasversali, misurazioni della quota del pelo dell'acqua e/o dell'alveo) o in seguito a eventi di piena (tracce di piena, eventi critici e/o esondazioni)
- Riduzione della sicurezza della stabilità dell'argine longitudinale (ad es. a seguito di nuovi calcoli/verifiche, presenza di vegetazione, radici, animali scavatori)
- Cambiamento delle condizioni idrologiche (ad es. portate di piena più elevate a causa del cambiamento climatico, UFAM, 2023)
- Aumento del livello di sicurezza richiesto in seguito all'aumento del potenziale di danno e dei pericoli sul lato di terra degli argini
- Incremento delle spese di manutenzione
- Aspetti ecologici legati a progetti di rivitalizzazione (ad es. arretramento degli argini)
- Modifiche dei requisiti legali (leggi, ordinanze, linee guida per l'applicazione) o della prassi giudiziaria.
- Modifiche dei requisiti di pianificazione del territorio e delle esigenze di utilizzo
- Aggiornamenti delle prescrizioni e raccomandazioni tecniche (norme, direttive, adattamento ai cambiamenti climatici, ecc.)

Una conseguenza immediata della constatazione di una necessità d'intervento, ossia della consapevolezza che occorre agire, è la domanda su come intervenire. Tale questione viene affrontata nella Fase I, che va intesa come la pianificazione strategica del nuovo ciclo di vita di un'opera di protezione. In questa fase vengono analizzate tutte le possibili soluzioni (B) che, nel quadro della gestione integrale del rischio (GIR), conducano a una combinazione ottimale di misure e a un

livello di rischio sostenibile nel lungo periodo. Tra le misure tecniche rientrano, tra gli altri, i seguenti approcci (v. Capitolo 6):

- Costruzione di nuovi argini longitudinali
- Risanamento degli argini longitudinali
- Innalzamento degli argini longitudinali
- Demolizione e costruzione sostitutiva (ad es. arretramento degli argini longitudinali)
- Demolizione senza sostituzione con argini longitudinali
- Combinazioni di queste misure

6 Fase (I): Analisi e definizione dei bisogni

6.1 Introduzione

In conformità al modello a fasi della norma SIA 112, all'inizio di ogni progetto di costruzione si colloca la pianificazione strategica. In questa fase devono essere definiti i bisogni e sviluppate le strategie di soluzione. Nel caso di manufatti di grandi dimensioni e che coinvolgono numerosi utenti e gruppi d'interesse — come le opere di protezione lungo i corsi d'acqua — è necessario, all'avvio del progetto, chiarire in generale i compiti e gli ambiti di competenza dei diversi attori coinvolti.

Inoltre, la definizione degli obiettivi generali è prioritaria, poiché influisce direttamente sul perimetro del progetto e sull'approccio da adottare per affrontare una necessità d'intervento accertata.

Nella pianificazione strategica, l'estensione del progetto, i perimetri e i punti di contatto devono essere definiti in modo tale da permettere il raggiungimento degli obiettivi di protezione e di utilizzo prefissati.

Una pianificazione strategica accurata semplifica e snellisce la progettazione tecnica e la realizzazione. Essa garantisce che le tematiche determinanti siano affrontate e che i principali attori e le parti interessate siano coinvolti sin dall'inizio del progetto. Ciò consente uno svolgimento mirato del progetto e previene iter supplementari o ripetizioni inutili.

6.2 Obiettivi e prodotti

Per quanto riguarda gli argini longitudinali lungo i corsi d'acqua, nella Fase I vengono perseguiti i seguenti obiettivi:

- Definizione degli obiettivi di progetto tenendo conto della protezione contro le piene, dell'utilizzo, della pianificazione territoriale, dell'ecologia, ecc.
- Chiarimento delle competenze e delle responsabilità
- Scelta dell'approccio risolutivo
- Definizione del progetto con delimitazione del perimetro, chiarimento dei punti di contatto e descrizione dello svolgimento del progetto
- Chiarimento dei proprietari dei terreni limitrofi nel caso di necessità di esproprio
- Accertamento di eventuali siti contaminati e della presenza di sottostrutture
- Completamento delle informazioni di base rilevanti per le decisioni da effettuare in questa fase e nella successiva Fase II, nonché identificazione dei dati ancora da raccogliere nelle fasi successive.

Idealmente, al termine della Fase I dovrebbero essere disponibili i seguenti documenti:

- Definizione del progetto con suddivisione degli ambiti di competenza, obiettivi di progetto, basi del progetto o piano d'utilizzazione, concetto operativo (pianificazione o svolgimento del progetto), estensione e perimetro del progetto, nonché una definizione dei punti di contatto
- Raccolta delle basi con identificazione di eventuali informazioni mancanti

6.3 Punti chiave

6.3.1 Aspetti fondamentali

In una fase precoce, e come base per la pianificazione strategica e per le fasi concettuali (Capitolo 7), i seguenti principi strategici dovrebbero determinare l'approccio alla soluzione e la definizione del progetto:

- Vale il principio secondo cui "il miglior e più sicuro argine di protezione contro le piene (argine longitudinale) è quello di cui non c'è bisogno". Inversamente, ciò significa che — qualora un argine sia necessario — la sicurezza idraulica e geotecnica deve essere costantemente garantita.
- Nella Svizzera densamente edificata, un'opera estesa nello spazio come un argine longitudinale si trova sempre al centro di un conflitto tra esigenze di utilizzo concorrenti. L'obiettivo di una buona pianificazione deve essere quello di individuare, valutare e ponderare tali esigenze in modo adeguato alla situazione. A tal fine occorre elaborare varianti che tengano conto, per quanto possibile, delle diverse esigenze di utilizzo e consentano una ponderazione degli interessi.
- Oltre ai requisiti di sicurezza, possono essere ammissibili e compatibili anche ulteriori funzioni e usi. Tuttavia, ciò può comportare contraddizioni rispetto al quadro giuridico, ad esempio in presenza di beni inventariati di importanza regionale o nazionale, zone di protezione delle acque sotterranee o aree forestali.

6.3.2 Ambiti di competenza

La Confederazione dispone di ampi poteri costituzionali e legislativi nel settore della protezione contro le piene. Tuttavia, l'attuazione dei relativi interventi è di competenza dei singoli Cantoni. Questo compito è ampio e comprende sia la ritenzione naturale sia la manutenzione dei corsi d'acqua, oltre alle misure pianificatorie e costruttive. I Cantoni sono inoltre responsabili delle misure temporanee, come la pianificazione e l'organizzazione d'emergenza. Di conseguenza, i Cantoni applicano il diritto federale in materia di opere idrauliche ed emanano le necessarie disposizioni di attuazione. In particolare, disciplinano le competenze interne al Cantone (ripartizione dei compiti tra Cantone, distretti e Comuni) e le procedure applicabili alla pianificazione e all'attuazione delle misure necessarie.

A seconda del Cantone, vigono disposizioni diverse in materia di competenze per la manutenzione e la cura, la protezione contro le piene e la rivitalizzazione, che possono spettare al Cantone, al Comune, a Consorzi oppure a privati.

Per i corsi d'acqua intercantonalni è necessario un coordinamento tra i Cantoni, mentre per quelli internazionali deve essere coinvolta la Confederazione. Nei corsi d'acqua di confine occorre valutare se sia necessario istituire basi contrattuali che definiscano la strategia da adottare o descrivano il progetto futuro.

Infrastrutture di terzi, come ad esempio opere di arginatura di ferrovie o autostrade situate lungo corsi d'acqua, possono svolgere una funzione di protezione. Ciò deve essere considerato nell'organizzazione del progetto e nella definizione delle competenze. Di conseguenza, devono essere

rispettate anche le disposizioni della legge sulle ferrovie e della legge sulle strade nazionali. Questo può dar luogo a contraddizioni, che in tal caso vanno risolte mediante una ponderazione degli interessi.

Nel quadro dell'intero ciclo di vita, devono essere considerati, nell'organizzazione del progetto, tutti gli attori che contribuiscono alla funzionalità a lungo termine dell'opera.

6.3.3 Definizione del progetto, delimitazione del sistema e punti di contatto

Definizione del progetto

Nella definizione del progetto, il committente stabilisce gli obiettivi del progetto e il suo perimetro. Egli definisce inoltre la delimitazione del sistema e i punti di contatto.

Per quanto riguarda gli argini longitudinali, occorre considerare, tra i vari aspetti, i seguenti: basi idrologiche e idrauliche, morfologiche e geotecniche; condizioni e deficit delle opere esistenti; valutazione della necessità d'intervento; perimetro di analisi e di progetto; geometria dell'argine; condizioni spaziali al di fuori delle opere di arginatura; diritti di protezione e rivendicazioni d'uso, nonché altre condizioni al contorno e punti di contatto.

Delimitazione del sistema

Gli argini longitudinali nei corsi d'acqua sono opere impiegate nell'ambito di un progetto di protezione contro le piene. La delimitazione del sistema ha lo scopo di definire il perimetro del progetto (delimitazione spaziale).

Punti di contatto

Nei progetti riguardanti i corsi d'acqua devono essere considerate, in generale, le condizioni al contorno a monte e a valle del perimetro di progetto, e bisogna verificare l'influenza dell'intervento su tali tratte sia durante sia dopo la costruzione. Questo vale anche per gli argini longitudinali. Altri punti di contatto riguardano la delimitazione e il coordinamento con progetti di terzi non direttamente collegati al progetto di protezione contro le piene, come ad esempio progetti infrastrutturali disposti lungo o trasversalmente al corso d'acqua.

6.3.4 Obiettivi di progetto

Con gli obiettivi di progetto devono essere definiti anche il livello di sicurezza desiderato rispetto ai pericoli naturali e gli obiettivi di utilizzo.

La definizione degli obiettivi di progetto avviene spesso attraverso un processo partecipativo (dialogo sul rischio). Gli obiettivi di progetto si distinguono in obiettivi generali e sovraordinati, validi per l'intero corso d'acqua (ad es. obiettivi di sviluppo), e in obiettivi specifici, riferiti al progetto di protezione contro le piene, elaborato per un determinato tratto del corso d'acqua. Si distinguono inoltre gli obiettivi di realizzazione assoluti, che devono essere obbligatoriamente raggiunti con il progetto (ad es. la protezione contro le piene), e gli obiettivi di sviluppo, che devono essere perseguiti nella misura più ampia possibile (ad es. l'utilizzo ricreativo).

Gli obiettivi di progetto in un intervento di protezione contro le piene relativo ad argini longitudinali possono essere suddivisi, ad esempio, come segue:

- obiettivi di progetto relativi alla protezione contro le piene

- obiettivi di progetto relativi agli utilizzi (produzione idroelettrica, gestione degli argini longitudinali lato terra, vie di comunicazione, infrastrutture di approvvigionamento e smaltimento, svago)
- obiettivi di progetto relativi alla pianificazione territoriale
- obiettivi di progetto relativi all'ecologia (connettività, habitat)
- obiettivi di progetto relativi alle acque sotterranee (influenza sugli acquiferi)
- obiettivi di progetto relativi al paesaggio (tracciato, configurazione)
- obiettivi di progetto relativi all'economicità (risorse finanziarie, rischio accettabile)

Obiettivi di progetto relativi alla protezione contro le piene

Piene

Gli obiettivi di protezione contro le piene servono come criteri di verifica per valutare un'eventuale necessità d'intervento o come parametro di riferimento nella definizione del livello di sicurezza desiderato. Sulla base di un'analisi specifica e orientata al rischio, viene quindi definita la piena di dimensionamento o rispettivamente il livello di sicurezza desiderato rispetto al collasso (ad es. per tracimazione o rottura dell'argine). Per la piena di dimensionamento si determinano la portata, la quota dell'alveo considerando pure il trasporto solido di fondo, la quota della linea dell'energia, nonché la velocità di deflusso e le tensioni al fondo. Oltre alla piena di dimensionamento, vengono definiti anche eventi estremi che sovraccaricano significativamente le misure o i sistemi di protezione esistenti e pianificati. Si tratta, quindi, di eventi in cui il carico idraulico supera la portata di dimensionamento. Nell'ambito dell'analisi del sovraccarico delle opere, vengono esaminati casi di carico come, ad esempio, ostacoli al deflusso dovuti a occlusioni o sollecitazioni significativamente superiori al limite di capacità del concetto di protezione.

Per quanto riguarda gli argini longitudinali, si distingue tra argini esistenti e nuovi. Negli argini esistenti, la manutenzione serve a mantenere le opere nello stato originario, oppure, se necessario, a procedere al loro risanamento e/o innalzamento. Sia per il risanamento di argini esistenti, sia per la costruzione di nuovi argini, devono essere rispettate le norme e gli standard attuali.

Dipendenza dal processo

Il livello di sicurezza desiderato non dipende solo dal tipo di utilizzo di una determinata area adiacente — ad esempio agricola o insediativa —, ma anche dalla frequenza e dalle caratteristiche delle piene che si verificano in quella zona. Oltre alla portata di picco, devono quindi essere sempre considerati anche altri importanti processi idraulici e di pericolo rilevanti. In presenza, ad esempio, di possibili erosioni spondali o colate detritiche, il livello di sicurezza deve essere adeguato alla pericolosità di tali processi. Attraverso **scenari** specifici è possibile definire i parametri determinanti associati ai diversi processi:

- In caso di inondazioni dovute a esondazioni di corsi d'acqua (**tracimazioni**), i parametri determinanti sono il volume d'acqua che fuoriesce, la durata e la profondità massima dell'inondazione, la velocità e l'intensità del flusso.
- In caso di **erosione e di deposito**, non è solo il picco di portata a essere determinante, ma anche la sua durata. La quota dell'alveo deve essere presa in considerazione sia durante un evento di piena sia nel lungo termine.
- In presenza di **trasporto solido**, oltre all'idrogramma di piena, sono parametri importanti anche la distribuzione granulometrica del materiale solido di fondo (proveniente dalla tratta a monte, da frane e dal canale) che influiscono sulla quota dell'alveo.

- Nella maggior parte dei casi, la quota dell'alveo deve essere mantenuta costante nel lungo termine, il che può richiedere un'adeguata **gestione del trasporto solido**.

I rischi

Esistono due tipi di rischio (prodotto tra la probabilità di un pericolo e l'entità del possibile danno): i rischi all'interno del perimetro di progetto e i rischi relativi al manufatto stesso. I rischi presenti nel perimetro di progetto — e, se del caso, anche al di fuori di esso — devono essere individuati e illustrati. I rischi rilevanti per gli argini longitudinali devono essere identificati, e i livelli di rischio accettabili devono essere definiti nell'ambito di un processo partecipativo. I rischi relativi al manufatto (probabilità di cedimento della struttura) devono essere analizzati e ridotti al minimo possibile mediante misure costruttive.

Obiettivi di progetto relativi agli utilizzi

I diversi bisogni associati a un progetto possono essere rappresentati negli obiettivi di utilizzo. Gli obiettivi di utilizzo secondari in un progetto di protezione contro le piene possono essere molto vari. Di seguito sono elencati in particolare quelli che, in relazione agli argini longitudinali, rivestono un ruolo significativo: interventi in caso di evento, traffico (ferroviario, stradale), mobilità lenta (pedoni, ciclisti, fantini), acque di falda, natura ed ecologia (aree protette), svago, coltivazione, agricoltura, vegetazione, infrastrutture (condotte) e bosco.

In presenza di una tale molteplicità di obiettivi di utilizzo, possono emergere conflitti e requisiti contraddittori. A ciò si può parzialmente ovviare mediante una separazione funzionale degli utilizzi. Ad esempio, la definizione di aree prioritarie per la natura e di aree prioritarie per lo svago può consentire di ridurre i conflitti tra uomo e ambiente naturale. Un modo per affrontare tempestivamente eventuali conflitti consiste nel coinvolgimento delle parti interessate e coinvolte nel processo partecipativo (e nel dialogo sul rischio), ad esempio mediante la costituzione di un gruppo di accompagnamento, che cerchi, attraverso il dialogo, un compromesso tra le diverse esigenze d'utilizzo. Un'informazione tempestiva e adeguata ai bisogni consente di ottenere un'ampia accettazione del progetto.

Obiettivi di progetto relativi alla pianificazione territoriale

Dal punto di vista della pianificazione territoriale, è necessario garantire fin dalle prime fasi lo spazio necessario per i progetti di protezione contro le piene (opere e corridoi di gestione del sovraccarico). In questo modo si può limitare il rischio nelle aree retrostanti. Nel caso degli argini longitudinali, questo aspetto è particolarmente importante quando si prendono in considerazione soluzioni che prevedono l'arretramento degli argini esistenti.

Obiettivi di progetto relativi all'ecologia

I deficit ecologici devono essere individuati e compensati mediante obiettivi ecologici adeguati. Tra gli aspetti ecologici rientrano in particolare quelli legati alle acque di falda, agli habitat terrestri e acquatici e alla loro connettività, alla tutela del paesaggio e, in generale, agli aspetti ambientali. Tali elementi devono essere considerati nella progettazione degli argini longitudinali, ad esempio nella definizione della pendnezza delle scarpate. Occorre inoltre tener presente che una compensazione ecologica o l'integrazione di obiettivi ecologici richiede spesso ulteriore superficie disponibile.

6.3.5 Raccolta dei dati di base

Nei progetti di protezione contro le piene, è necessario avviare già nelle prime fasi di pianificazione la raccolta e l'elaborazione della documentazione necessaria al progetto. Per quanto riguarda gli argini longitudinali, i seguenti dati di base (elenco non esaustivo) sono da considerare:

- leggi pertinenti (federali e cantonali)
- storia del manufatto (cause, motivazioni)
- rilievo delle opere (di protezione) esistenti (catasto delle opere di protezione)
- stato delle opere (di protezione) (strutturale, inclusi gli aspetti geotecnici, funzionale)
- dettagli sulla fondazione e sulla struttura dell'argine (v. Capitolo 8.3.3)
- determinazione della larghezza naturale dell'alveo
- vecchi incarti di progetto, incarti finali, verifiche geotecniche e strutturali, piani di armatura (secondari)
- rapporti di verifica, documenti sullo stato dell'opera
- rapporti di ispezione, osservazioni documentate, in particolare durante eventi di piena
- infrastrutture di servizio e conoscenza degli utenti o dei proprietari delle infrastrutture
- concessioni, autorizzazioni
- inventari
- condizioni di proprietà fondataia
- habitat e aree protette
- tutela del paesaggio, come ad esempio le aree IFP
- valutazione delle eventuali misure di compensazione
- geologia
- acque di falda
- infrastrutture di attraversamento (ad es. condotte del gas, teleriscaldamento, canalizzazioni)
- cartografia ecologica dello stato attuale (per stagione/su più anni)

Anche i parametri fluviali di dimensionamento devono essere determinati o definiti già nelle prime fasi, poiché sono elementi centrali per la progettazione degli argini longitudinali. Tra questi rientrano:

- portate di riferimento (portate di piena, di magra e medie, idrogramma di piena per la determinazione del volume e della durata del deflusso)
- dati di base di ingegneria fluviale (trasporto di materiale solido di fondo, morfologia dell'alveo, pendenza longitudinale, curva granulometrica del materiale di fondo – d_m del materiale trasportato, d_m dello strato di scambio, d_{90} dello strato di corazzamento – profondità delle fosse di erosione e spessore dei banchi, portata solida passata e futura, evoluzione a lungo termine dell'alveo).

6.3.6 Scelta della soluzione

Rispetto alla strategia precedente, basata unicamente sulla prevenzione dei danni, oggi devono essere considerate tutte le misure possibili in grado di ridurre il rischio. Tra queste figurano:

- manutenzione dei corsi d'acqua
- misure pianificatorie
- misure di ingegneria naturalistica
- misure costruttive

- misure organizzative (previsione, allerta, allarme, intervento in caso di alluvione, soccorso e misure urgenti)

Il presente capitolo si concentra, dal punto di vista dei contenuti, sulle misure costruttive in relazione agli argini longitudinali.

Misure costruttive (studio concettuale delle varianti)

Nel Capitolo 5 sono già state elencate le possibili soluzioni relative alle misure costruttive:

- costruzione di nuovi argini longitudinali
- risanamento (e innalzamento) degli argini longitudinali
- demolizione e nuova costruzione sostitutiva (ad es. arretramento degli argini longitudinali)
- demolizione senza sostituzione con argini longitudinali
- allargamento dell'alveo o del corso d'acqua con argini meno alti o senza argini
- combinazioni di queste misure

Queste misure possono avere un impatto territoriale, come ad esempio richiedendo superfici supplementari, e devono quindi essere garantite da misure pianificatorie (ad es. delimitazione dello spazio riservato alle acque).

In questa fase di progetto non è ancora possibile prendere una decisione definitiva sulla scelta di una o più delle misure costruttive sopra elencate. Tuttavia, devono essere definite le preferenze in merito alle misure costruttive. Nell'ambito di uno studio delle varianti (v. Capitolo 7), le misure costruttive (variante migliore) devono essere determinate in modo coordinato con le possibilità di intervento nel bacino imbrifero a monte e con le altre misure non costruttive sopra menzionate. Le combinazioni ottimali di misure, con i corrispondenti livelli di rischio accettabili, devono essere sviluppate e documentate in questa fase di progetto, conformemente a quanto indicato al Capitolo 7.

6.4 Esempi

Vedi Allegato A:

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P1	Protezione contro le piene del Reno alpino, tratta internazionale km 65 - 91	x	x	x		

7 Fase (II): Concetto e fattibilità

7.1 Introduzione

In questa fase viene sviluppato il concetto del progetto di protezione contro le piene (misure costruttive) e ne viene definita l'estensione. Uno studio di fattibilità mostra la realizzabilità del progetto di protezione contro le piene. Attraverso uno studio delle varianti viene individuata la variante ottimale che soddisfa nel modo migliore i requisiti e le esigenze del progetto.

7.2 Obiettivi e prodotti

Per quanto riguarda gli argini longitudinali lungo i corsi d'acqua, nella Fase II si persegono i seguenti obiettivi:

- concretizzazione degli obiettivi di progetto sulla base delle esigenze e delle condizioni quadro del committente
- analisi del mandato
- verifica delle condizioni quadro specifiche del sito
- dimostrazione della sicurezza del sistema
- verifica della fattibilità, identificazione di possibili situazioni di conflitto e delle alternative d'intervento
- presentazione di soluzioni pianificatorie e progettuali
- studio delle varianti con individuazione della variante migliore (criteri e ponderazione definiti), tenendo conto delle diverse esigenze di utilizzo
- verifica della necessità e della procedura per un'eventuale esame dell'impatto ambientale (EIA) richiesta
- stima dei costi e verifica dell'economicità (rapporto costi-benefici)

Idealmente, al termine della Fase II dovrebbero essere disponibili i seguenti documenti:

- raccolta dei dati di base e delle condizioni quadro
- rapporto di fattibilità
- decisione sulla necessità e sulla procedura dell'EIA
- rapporto sullo studio delle varianti, compresa la documentazione con piani di progetto
- accordo sugli obiettivi di progetto
- eventuale ponderazione degli interessi

7.3 Punti chiave

7.3.1 Accordo sugli obiettivi di progetto

L'accordo sugli obiettivi di progetto, nei progetti di protezione contro le piene, presenta un'analogia concettuale con un accordo di utilizzo secondo la norma SIA 260. In tale accordo vengono stabiliti i requisiti per il sistema di protezione e per le singole opere. Essi costituiscono la base per la realizzazione di un'opera. Gli obiettivi fissati nella Fase I, in occasione dell'analisi e della definizione dei bisogni (v. Capitolo 6.3.4), vengono qui ripresi e concretizzati. Nel caso di opere di grande estensione, come lo sono le opere di protezione contro le piene, la valutazione dei requisiti

d'uso non può limitarsi unicamente agli obiettivi e alle esigenze di tipo tecnico. Occorre considerare anche l'integrazione dell'opera nello spazio e nell'ambiente. Di conseguenza, le cosiddette utilizzazioni multiple e l'aspetto ecologico e ambientale dell'opera assumono un'importanza rilevante.

L'accordo sugli obiettivi di progetto comprende tutti gli obiettivi d'uso, le condizioni, le esigenze e le prescrizioni fondamentali stabilite dal committente per la progettazione, la costruzione e l'utilizzo di un'opera. Devono essere elencati almeno i seguenti punti:

- scopo
- ubicazione
- condizioni del sito
- basi di dimensionamento
- basi legali
- requisiti tecnici e nozioni di base
- parametri di dimensionamento
- vita utile e requisiti d'uso

La parte dell'accordo sugli obiettivi di progetto relativa agli argini longitudinali deve, oltre alle specifiche di ingegneria idraulica e geotecnica, includere anche prescrizioni supplementari per la considerazione degli aspetti territoriali e ambientali nonché delle utilizzazioni accessorie, riguardanti in particolare:

- acque sotterranee
- natura e ambiente
- utilizzo da parte di terzi
- esercizio e manutenzione
- monitoraggio
- piano di emergenza

Vita utile

La vita utile è stabilita dal committente per ciascuna delle singole opere. Nel caso degli argini longitudinali, di norma si distinguono i seguenti elementi con le rispettive vite utili:

- Argini: 100 anni
- Coronamento dell'argine con piste e/o percorsi: 20 anni
- Arginature e protezione contro la fossa di erosione: 50 anni
- Eventuali sezioni di scarico: 50 anni

A tale scopo sono necessarie una sorveglianza sistematica e una manutenzione continua. La manutenzione deve essere disciplinata in un apposito concetto di manutenzione (v. Capitolo 10). Una manutenzione adeguata degli argini longitudinali, come parte integrante delle misure di protezione contro le piene, è fondamentale: solo un intervento regolare e garantito nel tempo consente di mantenere la funzionalità degli argini, l'efficacia protettiva, la stabilità della sezione di deflusso e i valori ecologici.

7.3.2 Concetto di protezione

Il concetto di protezione dell'argine longitudinale deve essere sviluppato in modo tale che, in caso di sovraccarico di una misura di protezione, non si verifichi il cedimento dell'opera. A tale scopo possono essere previsti concetti di protezione a più livelli, caratterizzati da un comportamento il più possibile robusto degli argini longitudinali.

La Figura 7-1 illustra in linea di principio l'effetto dei concetti di protezione a uno o più livelli sull'evoluzione dei danni in funzione della somma risultante. I concetti di protezione a più livelli mostrano, in funzione della sollecitazione, un comportamento decisamente più favorevole rispetto a quelli a un solo livello. Le opere di protezione robuste non collassano in modo incontrollato con un aumento repentino dei danni, e la loro efficacia rimane garantita anche in condizioni di sovraccarico. Ciò significa che, nell'elaborazione dei progetti di protezione contro le piene, la robustezza dei concetti e delle relative opere di protezione deve essere dimostrata in modo coerente e comprensibile in relazione ai diversi livelli di carico. Ad esempio, una protezione spondale realizzata con una scogliera può cedere improvvisamente e a effetto domino se uno o pochi blocchi vengono asportati. Al contrario, nel caso di una gettata in blocchi sciolti, l'asportazione di un singolo masso viene compensata dallo scorrimento di quelli soprastanti, ritardando in modo significativo un collasso totale della protezione di sponda.

Nel caso degli argini longitudinali, concetti di protezione robusti possono includere, ad esempio, argini tracimabili, nei quali anche la scarpata lato terra è protetta dall'erosione, e/o sfioratori di emergenza laterali su tratte definite dell'argine, che consentono di deviare intenzionalmente parte dell'acqua dal corso d'acqua principale.

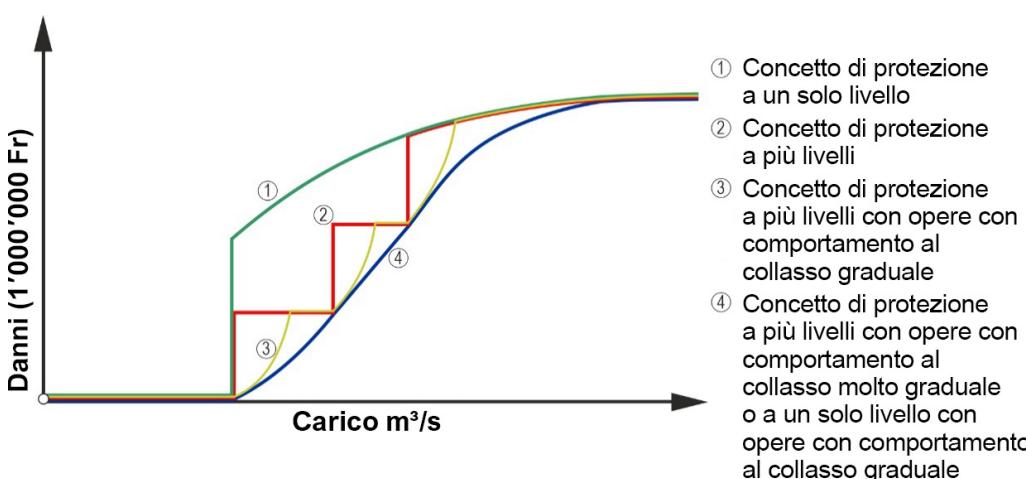


Figura 7-1: Danni in funzione del concetto tecnico di protezione adottato.

In questo modo, mediante tratti d'argine progettati per essere tracimabili o con dispositivi di sfioro laterale, è possibile ridurre e scaricare in modo mirato i picchi di piena che superano la capacità di deflusso del corso d'acqua arginato. Tali sfioratori funzionano come "valvole di sicurezza" e proteggono i tratti d'argine non progettati per essere tracimabili dal rischio di tracimazione. Argini di questo tipo, se sottoposti a tracimazione non prevista, subirebbero con il tempo erosione e porterebbero a un'uscita incontrollata dell'acqua.

7.3.3 Sicurezza del sistema

L'obiettivo generale delle misure di protezione deve essere sempre garantire la cosiddetta sicurezza del sistema. Ciò significa che l'attenzione non deve concentrarsi unicamente sulla sicurezza tecnica di una singola opera di protezione, come ad esempio un argine longitudinale, ma su una valutazione complessiva in un contesto spaziale e temporale più ampio, e quindi anche sulla combinazione ottimale delle diverse misure. Il contesto spaziale, per quanto riguarda le misure di protezione contro le piene, è definito dai tratti fluviali (ad esempio quelli compresi tra laghi o nei cambi di pendenza) e dalla compartimentazione topografica (cioè dalla suddivisione morfologica del territorio). Il contesto temporale si estende lungo la vita utile delle opere di protezione, tenendo conto dell'evoluzione nel tempo delle condizioni al contorno e dei requisiti d'uso. Un possibile concetto per garantire la sicurezza del sistema è illustrato in Figura 7-2.

Il concetto si fonda su tre pilastri principali e si ispira volutamente, dal punto di vista concettuale, alle direttive dell'UFE:

- raggiungimento di un livello di sicurezza: sicurezza costruttiva
- mantenimento del livello di sicurezza durante la vita utile: sicurezza operativa
- verifica del livello di sicurezza: sicurezza sistemica, piano di emergenza

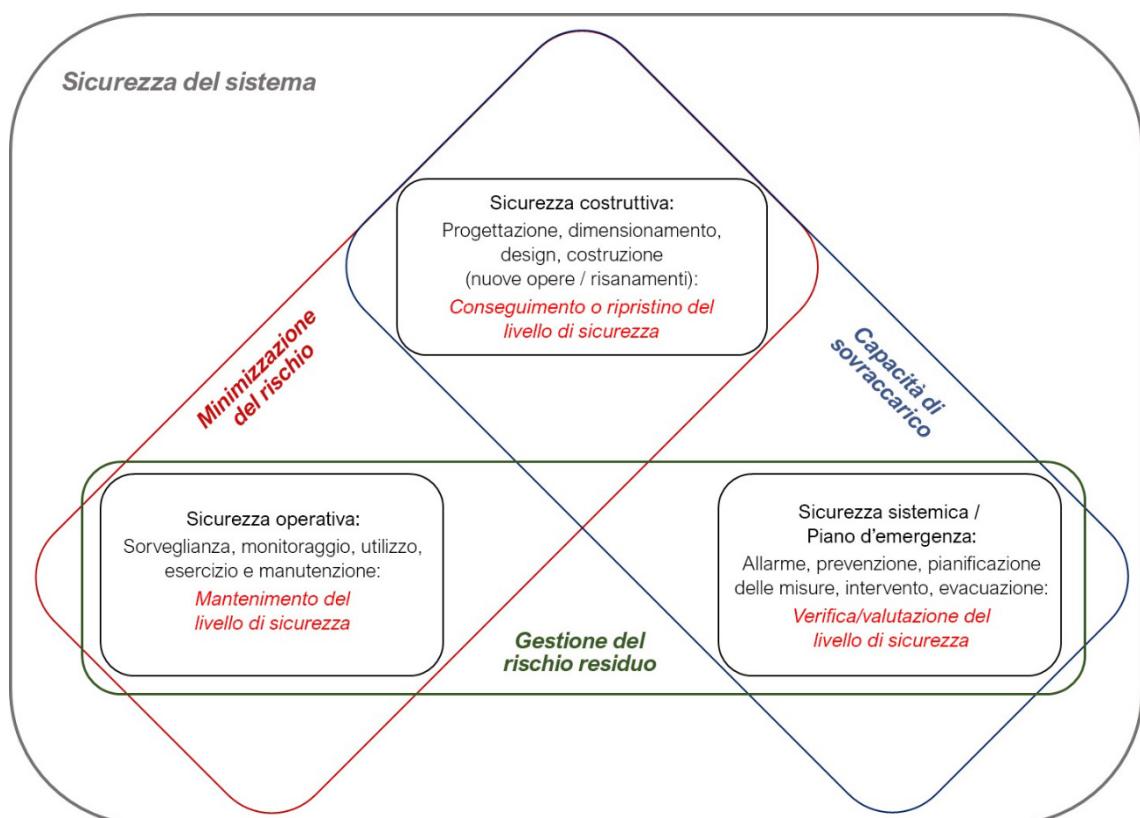


Figura 7-2: Concetto di base per stabilire la sicurezza del sistema. Questo deve essere sempre considerato in un contesto spaziale e temporale (illustrazione propria).

La sicurezza del sistema deve essere garantita mediante il presente concetto, assicurando che, con gli argini longitudinali come opere di protezione:

- [I] il rischio di danno fino al livello di sicurezza previsto, o superiore, sia ridotto al minimo
- [II] sia garantita la gestibilità del rischio residuo (ossia la capacità di affrontarlo); e
- [III] l'intero sistema di protezione risulti in grado di sopportare il sovraccarico.

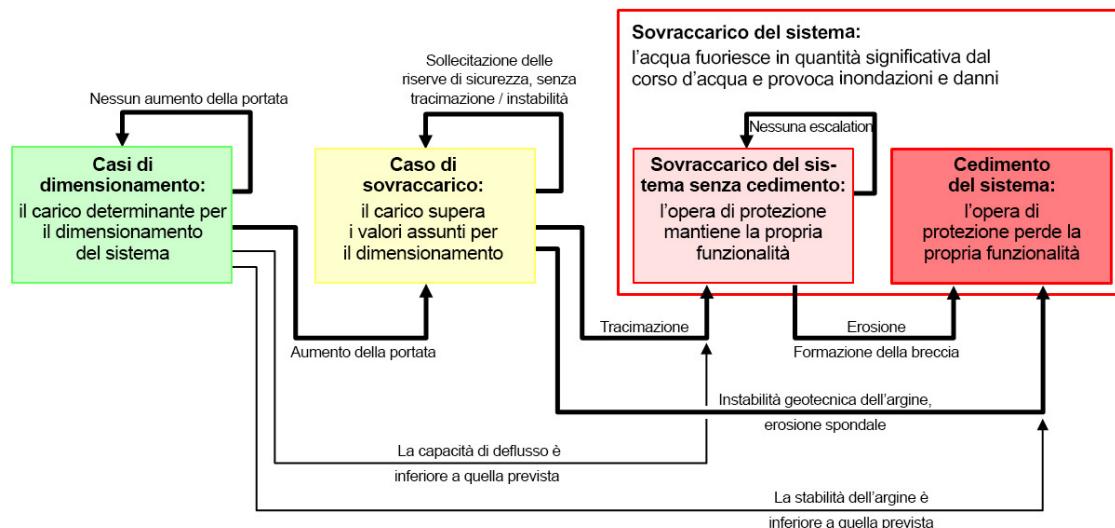


Figura 7-3: Considerazioni concettuali per la progettazione e il dimensionamento delle argini longitudinali (v. anche Capitolo 8). Possibile escalation in un sistema di protezione dalle piene al crescere del carico (Niederer + Pozzi Umwelt AG, 2019).

La capacità di sovraccarico implica che le opere di protezione vengano verificate in merito alla loro funzionalità e alla sicurezza strutturale in caso di eventi estremi superiori alla piena di dimensionamento; in altre parole, il comportamento delle misure in condizioni di sovraccarico deve essere analizzato per eventi estremi. Idealmente, la capacità di sovraccarico comprende anche un comportamento robusto. Un sistema di protezione è considerato robusto quando il sovraccarico di una misura di protezione non comporta il collasso dell'opera, non porta a un cedimento incontrollato con un aumento brusco dei danni e quando l'efficacia prevista della misura si mantiene anche in condizioni di sovraccarico. Se un argine longitudinale protegge una zona con un elevato potenziale di danno per persone, infrastrutture o beni materiali, ciò significa in generale che, anche in condizioni di sovraccarico, non deve rompersi e deve continuare a contribuire al deflusso controllato della piena.

7.3.4 Studio di fattibilità

Sulla base degli obiettivi di progetto e dei requisiti di sicurezza del sistema, lo studio di fattibilità deve valutare e dimostrare l'idoneità strutturale, operativa e giuridica del progetto di protezione contro le piene.

Tenendo conto delle condizioni quadro specifiche del sito, occorre in particolare presentare, per quanto riguarda gli argini longitudinali, le possibili varianti di soluzione. I criteri di valutazione e la relativa ponderazione devono essere definiti in collaborazione con il committente e, se del caso, discussi e fissati in modo definitivo nell'ambito di un processo partecipativo.

Va inoltre chiarita la necessità di una valutazione d'impatto ambientale e, se applicabile, la relativa procedura da adottare.

Nell'ambito dello studio di fattibilità devono essere svolte, in relazione agli argini longitudinali, le seguenti fasi:

- sviluppo e presentazione delle possibili soluzioni
- verifica dei valori da preservare
- definizione delle misure costruttive (v. anche Capitolo 6.3.6)
- verifica della fattibilità rispetto agli obiettivi del progetto
- valutazione degli soluzioni sviluppate
- individuazione di possibili situazioni di conflitto e delle relative alternative d'azione
- stima dei costi e pianificazione delle tempistiche

Lo studio di fattibilità viene documentato mediante una relazione tecnica con dei piani che illustrano le soluzioni individuate. La relazione segnala inoltre gli aspetti ancora aperti.

7.3.5 Studio delle varianti

Nella Fase I (v. Capitolo 6.3.6) sono stati individuati le soluzioni possibili e preferite per le misure costruttive. Nell'ambito dello studio delle varianti occorre determinare la variante migliore delle misure costruttive.

Le possibili soluzioni costruttive sono già state elencate al Capitolo 5 e nella Capitolo 6.3.6:

- costruzione di nuovi argini longitudinali
- risanamento degli argini longitudinali
- innalzamento degli argini longitudinali
- demolizione e nuova costruzione sostitutiva (ad es. arretramento degli argini longitudinali)
- demolizione senza sostituzione con argini longitudinali
- allargamento dell'alveo o del corso d'acqua con argini meno alti o senza argini
- combinazioni di queste misure

Nello studio delle varianti è possibile analizzare, tratta per tratta, anche combinazioni dei suddetti approcci costruttivi. Con riferimento agli argini longitudinali, devono inoltre essere considerate le seguenti misure alternative e/o complementari e i relativi aspetti: manufatti di protezione longitudinale versus trasversale (pennelli, strutture di deviazione del deflusso, *engineered log jams* — strutture stabili di legno morto all'interno dell'alveo), misure in alveo in combinazione con argini longitudinali, sezioni di sfioro d'emergenza, sezioni trasversali dell'argine, geometria dell'argine, struttura e tipologia dell'argine, nonché il fabbisogno di spazio. A seconda delle misure considerate, devono essere sviluppate anche misure pianificatorie, ad esempio nel caso di sezioni di sfioro con corridoi di esondazione.

7.3.6 Scelta della variante

L'individuazione della variante migliore avviene mediante la valutazione delle diverse varianti, tenendo conto di vari criteri e della relativa ponderazione, quali ad esempio la capacità di sovraccarico, gli aspetti ambientali (inclusi quelli legati alle acque sotterranee), la multifunzionalità, gli aspetti sociali, la gestione e la fruizione ricreativa, ecc. A tale scopo deve essere effettuata una ponderazione degli interessi (legislazione sulla pianificazione territoriale).

7.4 Esempi

Vedi Allegato A:

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P1	Protezione contro le piene del Reno alpino, sezione internazionale km 65 - 91	x	x	x		
P2	Protezione contro le piene Alta Valle della Reuss		x			
P3	Protezione contro le piene a Pfaffnern		x			
P4	Terza correzione del Rodano - Misura prioritaria di Visp		x	x		
P5	Protezione contro le piene e rinaturazione alla confluenza Aare-Gürbe		x	x		
P6	Elba, Z 8,6 Arretramento dell'argine a Köllitzsch		x	x		
P7	Protezione contro le piene a Krummbach		x			x
P8	Canale di Hagneck		x			x
P9	Protezione contro le piene piene Vecchia Aare		x	x		x
P10	Protezione contro le piene Linth 2000		x	x	x	x

8 Fase (III): Pianificazione e autorizzazione

8.1 Introduzione

La Fase III comprende l'elaborazione del progetto all'interno del perimetro chiaramente delimitato di un progetto di protezione contro le piene. Le attività corrispondono in larga misura alle fasi 31–33 secondo la norma SIA 112 – Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione.

Per quanto riguarda gli argini longitudinali destinati alla protezione contro le piene, in questa fase l'attenzione si concentra principalmente sul dimensionamento e sulla costruzione dell'opera. Rientrano tra gli aspetti da considerare, da un lato, le sollecitazioni, in particolare le sollecitazioni principali dovute alla piena e al sovraccarico, e, dall'altro, ove necessario, anche le sollecitazioni sismiche e i processi che possono compromettere la durabilità dell'opera, come ad esempio l'infiltrazione con trasporto di materiale (erosione interna) o la vegetazione spontanea. La configurazione dell'argine è inoltre fortemente influenzata dagli usi accessori autorizzati (traffico, bosco, agricoltura, uso ricreativo, infrastrutture di rete) nonché dagli aspetti ambientali e legati agli habitat specifici dell'argine.

Ulteriori raccomandazioni per il dimensionamento e la costruzione sono contenute nella pubblicazione specialistica "Sicherheit von kleinen Stauanlagen" (STK, 2025).

8.2 Obiettivi e prodotti

L'obiettivo della Fase III è ottenere un progetto legalmente approvato per le opere arginali all'interno di un progetto di protezione contro le piene. I requisiti minimi che un progetto deve soddisfare per poter ottenere una potenziale autorizzazione sono:

- definizione delle parcelli fondiarie (aspetti relativi alla proprietà)
- idoneità all'autorizzazione (conformità legale, ad esempio per quanto riguarda l'impatto ambientale)
- accuratezza dei costi (grado di approfondimento della progettazione)

Per i progetti di ampia estensione territoriale, assume inoltre particolare importanza l'accettazione politica e sociale degli interventi. Per quanto riguarda le nuove costruzioni e gli adeguamenti o risanamenti degli argini longitudinali, l'elaborazione progettuale sotto il profilo tecnico e procedurale è conseguenza diretta del requisito di accuratezza dei costi, che per le opere di genio civile in Svizzera, nella fase di progetto esecutivo e di messa in pubblica consultazione, è tipicamente pari a $\pm 10\%$. Esistono tuttavia anche approcci alternativi in cui i costi di realizzazione e i costi di rischio più dettagliatamente definiti vengono valutati separatamente. Anche in questo caso, tuttavia, è necessaria una profondità di elaborazione tecnica corrispondente.

Come prodotto di questa fase deve essere redatto un dossier completo del progetto esecutivo e di messa in pubblica consultazione, comprendente tutti i rapporti e i piani necessari, che soddisfi i requisiti di legge — in particolare le leggi federali e cantonali sulla sistemazione dei corsi d'acqua, la Legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPAmb, RS 814.01), la Legge federale sulla protezione delle acque (LPAc, RS 814.20), nonché le relative ordinanze e direttive d'applicazione — e rispetti le prescrizioni normative vigenti.

Va ricordato che i progetti di protezione contro le piene di maggiore entità, con un costo di costruzione superiore a 10 milioni di CHF, sono soggetti all'esame dell'impatto ambientale (EIA) ai sensi dell'Ordinanza concernente l'esame dell'impatto sull'ambiente (OEIA, RS 814.011). Anche per progetti di minore entità, tuttavia, nell'ambito della sistemazione dei corsi d'acqua è spesso richiesto un rapporto sugli impatti ambientali.

8.3 Punti chiave

8.3.1 Base di dimensionamento

L'effetto degli argini longitudinali e le sollecitazioni a cui essi sono soggetti, sia lungo tratte a libero scorrimento sia in caso di ritenuta, sono comparabili se l'aspetto temporale della sollecitazione principale, ossia l'acqua, non viene considerato. Di conseguenza, la progettazione, il dimensionamento e la configurazione di entrambe le tipologie di argine (argini longitudinali e argini di ritenuta fluviale) dovrebbero essere coerenti e comparabili, indipendentemente dalla distinzione normativa tra le due categorie.

Nelle considerazioni riguardanti la distinzione tra argini di protezione contro le piene e argini di ritenuta, è rilevante anche la durata dell'azione cui gli argini sono sottoposti. Mentre gli argini di ritenuta, ossia quelli situati a monte di un'opera di sbarramento, risultano permanentemente soggetti all'invaso e presentano una linea di infiltrazione più o meno stazionaria all'interno del corpo arginale, gli argini di protezione contro le piene sono sollecitati solo per periodi relativamente brevi, ossia durante il passaggio di una piena. Di conseguenza, a seconda della durata dell'evento di piena, in questi ultimi non sempre si instaura una linea di infiltrazione stazionaria.

Questi aspetti temporali devono essere considerati nella progettazione e nel dimensionamento degli argini longitudinali. Essi evidenziano inoltre che, a seconda della situazione, gli argini longitudinali e quelli di ritenuta possono fondersi gradualmente l'uno nell'altro, richiedendo pertanto una modalità costruttiva e gestionale coerente e comparabile.

Va inoltre sottolineato che esiste un'ampia letteratura specialistica riguardante la progettazione, la costruzione e il dimensionamento degli argini longitudinali. Il presente manuale tratta quindi in forma sintetica solo gli aspetti ritenuti più rilevanti e tipici per le condizioni svizzere in base all'esperienza degli autori. Per ulteriori informazioni sugli aspetti tecnici relativi agli argini longitudinali si rimanda in particolare alla norma SIA 267 (SIA, 2013), alle linee guida DWA (DWA, 2011) e BAW (BAW, 2011), all'International Levee Handbook (CIRIA, 2013), nonché agli standard USACE (ad es. USACE, 2000; 2004) e USBR (USBR, 1987). Nel quadro dei lavori preparatori delle presenti linee guida è stata inoltre condotta un'ampia ricerca bibliografica, documentata in allegato.

8.3.2 Piena di dimensionamento, sovraccarico e francobordo

In Svizzera, il dimensionamento idraulico e la progettazione delle opere di protezione contro le piene nei corsi d'acqua si basano, nella maggior parte dei casi, sul seguente concetto (v. Capitolo 7.2).

Si definisce una portata di dimensionamento HQ_B (o HQ_{dim}), per la quale deve essere garantita una protezione completa. La portata di dimensionamento può essere determinata sulla base delle

probabilità di accadimento. Per assicurare la protezione completa, alla quota del pelo dell'acqua corrispondente alla piena di dimensionamento viene aggiunto un francobordo. La KOHS della SWV ha elaborato dei metodi per il calcolo del francobordo in funzione della situazione specifica (KOHS. 2013).

- (1) Per portate superiori alla portata di dimensionamento può essere ammessa una protezione ridotta (francobordo diminuito o deflusso a sezione piena)
- (2) Inoltre vengono considerati i cosiddetti casi di sovraccarico (cds), che possono verificarsi in situazioni straordinarie (scenari estremi). Tali situazioni devono essere sempre prese in considerazione nella progettazione degli argini e possono richiedere la realizzazione di sezioni di sfioro (tratte tracimabili o sfiori regolati). La gestione dei casi di sovraccarico, che possono essere accentuati dai cambiamenti climatici, deve essere garantita anche al di fuori degli argini longitudinali veri e propri (corridoi di esondazione, argini arretrati o secondari, nonché mediante piani d'emergenza e di intervento).

Per la costruzione e il dimensionamento degli argini longitudinali è determinante stabilire quale quota di pelo dell'acqua venga adottata in quale situazione di dimensionamento e con quali fattori di sicurezza rilevanti per il dimensionamento geotecnico. Possibili approcci sono illustrati al Capitolo 8.3.5).

8.3.3 Sottosuolo e materiali da costruzione

Per la progettazione di argini longitudinali rivestono un'importanza centrale:

- dati approfonditi e affidabili sul sottosuolo
- specifiche vincolanti dei materiali da utilizzare per la struttura e la protezione degli argini.

Le indagini relative al sottosuolo e la determinazione dei parametri geotecnici necessari costituiscono una parte fondamentale della raccolta delle basi di progetto (v. Capitolo 6.3.5). Le specifiche dei materiali, formulate in modo conciso, vengono definite in dettaglio nella fase di elaborazione del progetto definitivo, nell'ambito del dimensionamento e della progettazione, e inserite in modo vincolante nel capitolato d'appalto delle opere civili (v. Capitolo 9.3.1).

Nella pubblicazione specialistica "Sicherheit von kleinen Stauanlagen" del Comitato svizzero delle dighe (STK, 2025) sono disponibili indicazioni adeguate alle condizioni svizzere sulla procedura e sui requisiti per le indagini geotecniche e le specifiche dei materiali, motivo per cui in questa sede si rinuncia a ulteriori approfondimenti. Ulteriori informazioni sono disponibili nell'International Levee Handbook (CIRIA, 2013).

8.3.4 Meccanismi di rottura

Nel valutare i possibili scenari di rottura, la situazione del sottosuolo merita un'attenzione particolare fin dall'inizio. In Svizzera, i corsi d'acqua con un elevato potenziale di danno si trovano generalmente in valli con fondo ghiaioso o ghiaioso-sabbioso, caratterizzate da una permeabilità relativamente elevata e incise in depositi alluvionali. Al di fuori dell'alveo vero e proprio, i depositi alluvionali sono spesso ricoperti da sedimenti fini di origine fluviale, derivanti da antiche esondazioni postglaciali, che presentano in genere una permeabilità piuttosto bassa. A seconda della

situazione, questi depositi superficiali possono mancare del tutto oppure essere di spessore ridotto; tuttavia, non di rado raggiungono spessori di alcuni metri. Una sezione trasversale tipica di argini di protezione contro le piene in Svizzera è illustrata in Figura 8-1.

Determinata da questa situazione, l'azione di piena comporta due effetti principali:

- L'infiltrazione nel corpo arginale ha effetti sulla stabilità del versante lato terra (in prima istanza) e, successivamente, durante la fase discendente della piena, anche sul lato acqua.
- Una sovrappressione interstiziale (spinta idrostatica) nei depositi alluvionali ricoperti dallo strato superficiale di sedimenti fini (sedimenti alluvionali), pressione che si dissipa attraverso tale strato relativamente impermeabile. Se lo spessore dello strato di copertura è ridotto o il carico su di esso è insufficiente, questa situazione può portare a un cedimento idraulico di fondo, che a sua volta può innescare un ulteriore cedimento dell'argine o del piede dell'argine lato terra. Come mostrato chiaramente in Figura 8-1, tale cedimento di fondo si verifica nella zona del piede dell'argine, dove di norma la copertura dello strato superficiale risulta ridotta.

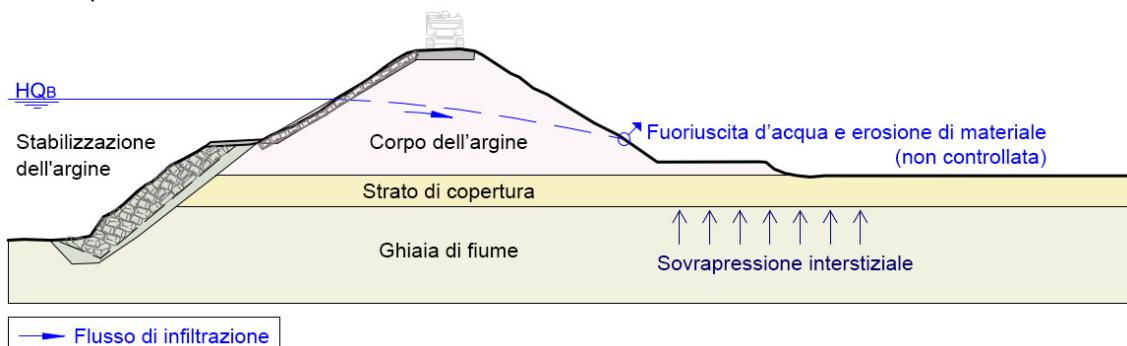


Figura 8-1: Sezione trasversale di un argine di protezione contro le piene su sottosuolo tipico dei corsi d'acqua vallivi dell'Altopiano svizzero (esempio: Reno alpino).

Per gli argini longitudinali lungo fiumi con trasporto solido grossolano, come illustrato sopra, sono possibili i seguenti scenari di rottura, che devono essere presi in considerazione nella loro progettazione e dimensionamento. Ciò vale sia per nuove costruzioni, sia per risanamenti o adeguamenti di argini esistenti.

- 1) Compromissione della superficie dell'argine con perdita dell'integrità strutturale dovuta ad azioni esterne, con o senza formazione di brecce:
 - a) tracimazione ed erosione esterna lato terra, con successiva formazione di brecce
 - b) formazione di fosse di erosione, con o senza cedimento e formazione di brecce (innesco del cedimento strutturale a seguito dell'erosione delle sponde)
 - c) azione del vento e urto
- 2) Cedimento strutturale con formazione di brecce per superamento della resistenza interna:
 - a) cedimento dell'argine lato terra (locale o esteso) dovuto a sovraccarico, infiltrazione, terremoto o erosione, nonché innescato da un cedimento idraulico di fondo al piede dell'argine
 - b) cedimento dell'argine lato acqua (locale o esteso) dovuto a sovraccarico, terremoto, erosione o infiltrazione in caso di un rapido abbassamento dei livelli di piena.

- c) spinta idrostatica e cedimento idraulico di fondo (in particolare al piede dell'argine)
 - d) processo di rottura causato dal trasporto di materiale e dall'erosione interna, con o senza formazione di brecce
- 3) Indebolimento della resistenza interna (senza cedimento o formazione di brecce):
- a) fuoruscite di acqua di infiltrazione sul versante e al piede dell'argine lato terra
 - b) trasporto di materiale ed erosione interna
 - c) terremoto
 - d) assestamenti (in particolare in nuove costruzioni su terreni non preconsolidati).

In riferimento alle norme SIA 260, 261 e 267, i meccanismi di rottura sopra descritti rientrano negli stati limite 1 e 3, fintanto che riguardano aspetti di resistenza strutturale, come problemi di stabilità o cedimento idraulico di fondo (per i muri di sostegno si aggiunge anche il tipo 2). Oppure devono essere considerati nell'ambito della verifica dell'efficienza funzionale (ad es. per erosione esterna e interna).

I meccanismi di rottura sopra descritti sono rappresentati in forma schematica in Figura 8-2. La composizione del terreno e la struttura dell'argine corrispondono al caso del Reno alpino, ma possono essere considerate rappresentative anche per gli altri grandi fiumi vallivi svizzeri (Aare, Reuss, Limmat, Sense, Emme, Kleine Emme, Rodano e Thur). In presenza di terreni coesivi, il cedimento può inoltre verificarsi per liquefazione del terreno dovuta a carichi transitori, in particolare in caso di terremoto (v. Capitolo 8.3.5).

8.3.5 Dimensionamento dell'argine / Situazioni di carico

Per il dimensionamento degli argini rispetto al cedimento e per le verifiche geotecniche a esso associate, esistono due metodi e procedure di riferimento:

- (1) In Svizzera, per il dimensionamento risultano rilevanti la norma SIA 267 «Geotecnica» e le norme di base SIA 260 e SIA 261. Esse definiscono un concetto di verifica al cosiddetto livello di dimensionamento, con la riduzione dei parametri di resistenza e con coefficienti di sicurezza applicati alle sollecitazioni (i cosiddetti fattori parziali). Questo concetto a livello di dimensionamento è indicato per approcci di calcolo quali il metodo generale delle strisce (superficie di scivolamento generale) o i metodi di Janbu e Bishop (cerchi di scivolamento), implementati in diversi software geotecnici.
- (2) Sempre più diffuso per situazioni complesse è il dimensionamento con calcoli agli elementi finiti (FE), adottando un'adeguata legge sui materiali (ad es. Mohr-Coulomb) e modellando la corrente d'infiltrazione come campo di potenziale. Partendo dai valori caratteristici dei terreni si ricava, ad esempio tramite riduzione j/c , un fattore di sicurezza globale (FS).

Per le verifiche di stabilità si devono assumere le pressioni interstiziali più sfavorevoli; nei terreni composti da materiale fine deve essere considerato uno stato saturo. A seconda delle condizioni, possono essere indicati altri approcci e metodi di calcolo, per i quali si rimanda alla letteratura specialistica. Un aspetto ulteriore e rilevante riguarda i tempi di sollecitazione, che in funzione della situazione di piena e dell'argine richiedono una valutazione più dettagliata:

- Nelle verifiche geotecniche si assume di norma una sollecitazione prolungata dovuta alla piena e quindi una corrente d'infiltrazione stazionaria. Spesso questo approccio conduce a un dimensionamento conservativo dell'argine. Soprattutto nei fiumi prealpini, i picchi di

piena possono durare solo poche ore e non sempre si instaura un regime stazionario di infiltrazione.

- Tuttavia, durante la fase decrescente della piena, un'ipotesi stazionaria può sottostimare il rischio di instabilità: con un rapido abbassamento del livello dell'acqua, il gradiente dell'infiltrazione si inverte — dal lato terra verso il corso d'acqua — e ciò può compromettere la stabilità del versante lato acqua.

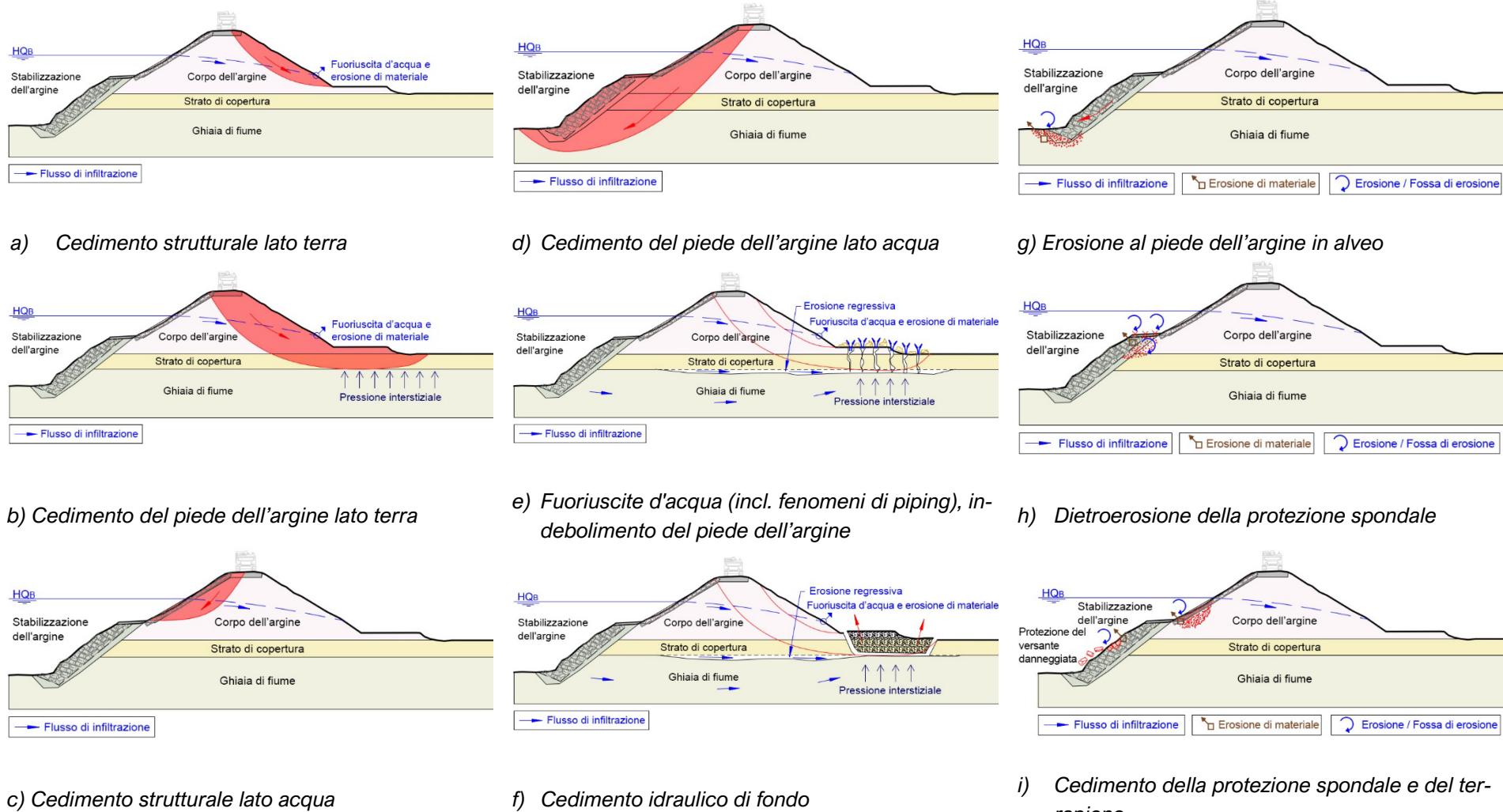


Figura 8-2: Schemi di danno e meccanismi di rottura negli argini longitudinali (esempio: argini lungo il Reno alpino).

Nella progettazione degli argini di protezione contro le piene, i seguenti passaggi sono fondamentali:

- I. La definizione di un livello idrico (quota del pelo dell'acqua) di carico, che consideri l'esposizione degli argini longitudinali ai deflussi di piena, tenendo conto del francobordo idraulico. Il livello idrico di carico è il livello dell'acqua sul lato acqua dell'argine assunto per il dimensionamento della stabilità geotecnica (corpo arginale) e della stabilità spondale (protezione spondale). Inoltre, il francobordo serve a coprire le incertezze nella determinazione del livello idrico di dimensionamento. Il livello idrico di carico può essere definito in riferimento al livello idrico di dimensionamento idraulico, alla quota di protezione (livello idrico di dimensionamento con francobordo) oppure ai livelli degli eventi estremi. La scelta deve essere effettuata caso per caso (si veda anche III).
- II. Definizione delle ulteriori azioni agenti, in particolare sovraccarichi (traffico, opere, neve ecc.) e azione sismica.
- III. Definizione dei coefficienti di sicurezza basati sul rischio. Un deflusso di dimensionamento deve garantire un livello di sicurezza più elevato rispetto a un evento estremo raro. La scelta dei coefficienti parziali di sicurezza secondo le norme SIA deve essere coordinata con il livello idrico di carico considerato. In questo contesto si osserva che sia i coefficienti di sicurezza sia il francobordo servono a tener conto dell'incertezza del livello idrico di carico; la loro reciproca configurazione richiede quindi una valutazione situazionale delle probabilità di accadimento e dei rischi.
- IV. Scelta dei materiali da costruzione e definizione delle loro proprietà, in modo che l'integrità esterna e interna dell'argine sia garantita nel tempo (parametri dei materiali utilizzati per il corpo arginale, nel rispetto dei criteri di filtro, della protezione spondale e dei versanti e delle superfici dell'argine).

Questi principi valgono sia per i nuovi argini sia per il risanamento degli argini esistenti. Come possa essere strutturato un concetto di dimensionamento per argini di protezione contro le piene è esemplificato di seguito. La definizione del francobordo richiesto f_e per una protezione completa al deflusso di dimensionamento (HQ_B) si basa sulla raccomandazione della KOHS «Francobordo nei progetti di protezione dalle piene» (KOHS, 2013). Una protezione ridotta e quindi un francobordo ridotto $f_{e,red}$ in situazioni di deflussi estremi (HQ_E) o di sovraccarico è da definire in base al progetto. In situazioni di sovraccarico l'argine può anche essere soggetto a tracimazione, purché l'integrità dell'opera e/o la sicurezza dell'intero sistema di protezione contro le piene rimangano garantite. Questo concetto fa parte della definizione degli obiettivi di progetto, ossia dell'accordo relativo all'utilizzo delle opere arginali.

- Evento di dimensionamento HQ_B : $WSP_{Bel} = WSP_{HQB} + f_e$
- Evento estremo HQ_E : $WSP_{Bel} = WSP_{HQE} + f_{e,red}$ o coronamento della diga o risp. altezza di tracimazione

Sulla base dei livelli idrici di carico, insieme alle ulteriori azioni agenti (carichi da traffico, altri sovraccarichi, terremoto ecc.), è possibile definire le situazioni di dimensionamento, nonché stabilire i relativi coefficienti di sicurezza. Un esempio è riportato di seguito.

I) Livello di dimensionamento degli argini

- $WSP_{Bel} = WSP_{HQB} + f_e$ (francobordo completo)
- Carico di traffico = frequente, ad es. 40 t distribuite su una superficie di applicazione del carico

- Protezione completa e livelli di sicurezza altrettanto completo
 - Analisi con valori caratteristici (FEM): $FS_{global} \geq 1.5$ ad es. determinato tramite riduzione j'/c
 - Livello di dimensionamento secondo norma SIA: $\gamma_{R,Bem} \geq 1.2$ coefficienti parziali $\gamma_Q = 1.30$ per carichi da traffico

II) Livello di evento estremo (deflussi di piena estremi) o altra sollecitazione massima

- $WSP_{Bel} = WSP_{HQE} + f_{e,red}$ o livello idrico pari al coronamento dell'argine o all'altezza di tracimazione
- Carico di traffico = 5 t (carico ridotto, a titolo di esempio) o nessun carico da traffico
- Protezione ridotta e quindi livelli di sicurezza ridotti :
 - Analisi con valori caratteristici (FEM): $FS_{global} \geq 1.3$ ad es. determinato tramite riduzione j'/c
 - Livello di dimensionamento secondo norma SIA: $\gamma_{R,Bem} \geq 1.1$ coefficienti parziali $\gamma_Q = 1.00$ per carichi da traffico
 - Qualora vengano adottati livelli di sicurezza inferiori, è necessario stimare più approfonditamente la probabilità e le conseguenze del collasso e procedere a una valutazione del rischio.

Nel precedente esempio non sono considerate le seguenti situazioni di dimensionamento, che devono essere ulteriormente prese in considerazione in modo specifico:

Cedimento idraulico di fondo: le verifiche vengono generalmente eseguite secondo la SIA 267 con un gradiente idraulico determinato dall'evento di dimensionamento o dall'evento estremo. Una possibile riduzione dei coefficienti di sicurezza per l'evento estremo (in conformità al concetto sopra descritto) è raccomandata solo in seguito a un'attenta analisi del rischio, poiché un cedimento idraulico di fondo può indurre ulteriori sedimenti strutturali.

Protezione spondale e del versante: le misure di protezione lungo il margine del flusso lungo gli argini longitudinali, in particolare nella zona del piede lato acqua dell'argine (fronte arginale), devono essere definite e dimensionate per la situazione idraulica di riferimento (scogliere in massi sciolti, pennelli, sistemazioni biologiche, ecc.). È inoltre necessario considerare anche le strutture di corrente spaziali (correnti trasversali, vortici, erosioni localizzate).

Terremoto: il dimensionamento sismico degli argini longitudinali viene eseguito sulla base delle norme SIA 261 e 267 attualmente in vigore. Generalmente vengono utilizzati il metodo delle forze equivalenti o metodi basati sulle deformazioni (ad esempio secondo Makdisi & Seed o Newmark). Nei casi in cui gli argini poggiano su strati di sedimenti alluvionali a matrice fine, parzialmente coesivi, deve essere dimostrato che non si verifichi liquefazione del terreno, che comporterebbe un'ulteriore riduzione della stabilità arginale. Si segnala inoltre che, nel caso di azione sismica, non sempre risultano determinanti i livelli idrici elevati, bensì quelli per cui le parti dell'argine con funzione stabilizzante sono soggette a spinta idrostatica.

Trasporto di materiale dovuto a infiltrazione (erosione interna, piping, ecc.): nella verifica di argini esistenti, deve essere verificata anche la sicurezza rispetto al trasporto interno di materiale dovuto all'infiltrazione e al flusso al di sotto del corpo arginale. Nel caso di nuovi argini, la costruzione deve essere tale da prevenire in modo duraturo tali processi, ad esempio mediante drenaggi adeguati e il rispetto dei criteri di filtro (v. Capitolo 8.3.6). Particolarmente critici, e quindi da considerare con particolare attenzione, sono i percorsi preferenziali di infiltrazione lungo le infrastrutture che attraversano l'argine.

Argini longitudinali esistenti: la verifica della sicurezza delle opere esistenti può essere eseguita secondo la SIA 269 “Conservazione delle strutture portanti” e in particolare secondo le parti 269/1 (azioni), 269/7 (geotecnica) e 269/8 (terremoti).

8.3.6 Costruzione geotecnica degli argini

Poiché la maggior parte degli argini di protezione contro le piene lungo i corsi d'acqua svizzeri risale alla seconda metà del XIX secolo e alla prima metà del XX secolo, il risanamento degli argini è più frequente rispetto alle nuove costruzioni. Queste ultime risultano necessarie in particolare quando, nell'ambito di una rivitalizzazione fluviale, un argine di protezione dalle piene viene arretrato e ricostruito (cosiddetto arretramento dell'argine). La presente sezione fornisce alcuni esempi delle tecniche costruttive utilizzate per i nuovi argini e delle misure più comunemente adottate nel risanamento degli argini esistenti. Nel risanamento degli argini esistenti occorre considerare la talvolta notevole eterogeneità dei materiali di costruzione storici degli argini nella definizione delle proprietà dei materiali e delle opere di risanamento (cfr. ad es. STK, 2025).

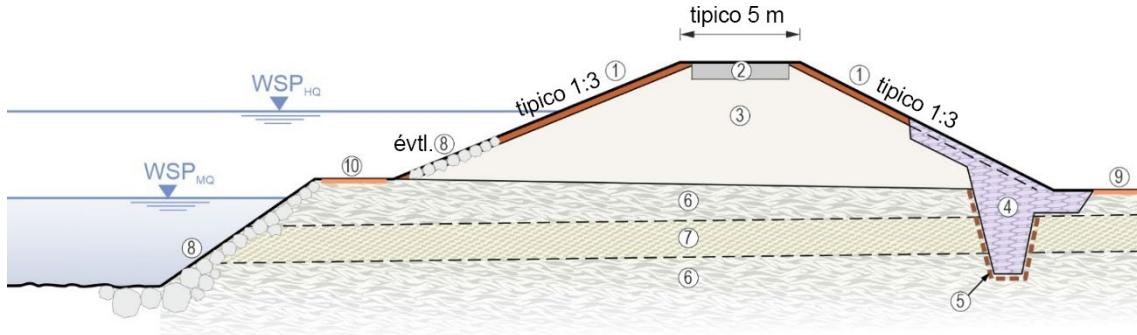
Costruzione di nuovi argini

Finché lo spazio lo consente, per motivi morfologici, ecologici, tecnici, logistici e per una gestione più agevole, si preferiscono argini con scarpate poco inclinate. Tali argini presentano in genere una maggiore stabilità e una migliore resistenza all'erosione in caso di tracimazione. In Svizzera è raccomandata un'inclinazione delle scarpate su entrambi i lati pari a 1:3. Tale inclinazione permette l'impiego di materiale di riempimento idoneo e non lavorato, offre spazio per una connessione longitudinale terrestre e consente la manutenzione meccanizzata. Inoltre, l'azione della corrente su scarpate poco inclinate risulta relativamente inferiore, consentendo quindi una protezione spondale più leggera. Spesso trovano impiego i seguenti tipi costruttivi:

- Argini omogenei in materiale sciolto con filtro al piede dell'argine (Figura 8-3)
- Argini a zone con nucleo impermeabile e corpo di sostegno, nonché filtro al piede dell'argine (Figura 8-4)

Soprattutto quando gli argini poggiano in parte o interamente su materiale a matrice fine (sedimenti alluvionali), occorre garantire che al piede dell'argine non possa verificarsi un cedimento idraulico di fondo. Ciò significa che lo strato di copertura deve essere sufficientemente spesso e/o ricoperto, oppure che il filtro al piede dell'argine consenta l'alleggerimento delle pressioni interstiziali al di sotto dello strato di copertura mediante un collegamento diretto con i sottostanti depositi alluvionali. Nel caso sia prevista una pista di servizio sull'argine, questa deve essere protetto contro l'erosione.

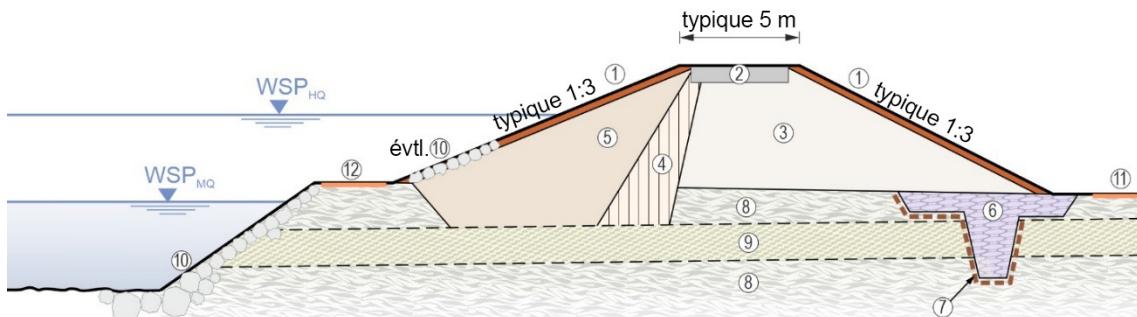
La Figura 8-3 mostra l'esempio della sezione tipo geotecnica di un argine omogeneo in materiale sciolto posto su strato di copertura, con filtro al piede dell'argine e collegamento ai sottostanti depositi alluvionali.



- | | |
|---|--|
| ① Strato di vegetazione | ⑥ Ghiaia di fiume |
| ② Percorso di servizio (fondazione in ghiaia) | ⑦ Strato di copertura / sedimenti alluvionali |
| ③ Riempimento dell'argine | ⑧ Protezione spondale / protezione contro l'erosione |
| ④ Filtro al piede dell'argine con o senza collegamento alla ghiaia fluviale | ⑨ Pista d'intervento lato terra |
| ⑤ Eventuale geotessile | ⑩ Golena con eventuale pista di servizio |

Figura 8-3: Sezione schematica tipo di un argine omogeneo in materiale sciolto con filtro al piede dell'argine.

In Figura 8-4 è rappresentata una possibile sezione tipo geotecnica di un argine a zone, con nucleo impermeabile, strato di separazione e corpo di sostegno, su un substrato stratificato analogo e anch'essa con collegamento alla ghiaia fluviale.



- | | |
|---|---|
| ① Strato di vegetazione | ⑦ Eventuale geotessile |
| ② Percorso di servizio (fondazione in ghiaia) | ⑧ Ghiaia di fiume |
| ③ Corpo di sostegno (spesso in ghiaia di fiume) | ⑨ Strato di copertura / sedimenti alluvionali |
| ④ Strato di separazione (strato di filtro) | ⑩ Protezione spondale |
| ⑤ Nucleo impermeabile (spesso in materiale dello strato di copertura) | ⑪ Pista d'intervento lato terra |
| ⑥ Filtro al piede dell'argine, a seconda dello spessore dello strato di copertura con o senza collegamento alla ghiaia fluviale | ⑫ Golena con eventuale pista di servizio |

Figura 8-4: Sezione schematica tipo di un argine longitudinale a zone.

A tale riguardo si rimanda alle considerazioni sul trasporto interno di materiale e sull'erosione interna riportate alla fine del Capitolo 8.3.5. Il corpo dell'argine deve essere realizzato in modo da garantire la stabilità del filtro, così da prevenire in modo duraturo il trasporto di materiale e quindi l'erosione interna. Quando i nuovi argini poggiano su un sottosuolo suscettibile agli assestamenti

(ad es. sedimenti alluvionali argillosi), è necessario analizzare con maggiore dettaglio l'entità e l'evoluzione temporale dell'assestamento. Inoltre, l'argine deve essere adeguatamente sovralzato.

Risanamento degli argini

Gli eventi di piena del 1987, 1999, 2000, 2005 e 2007 hanno messo in evidenza deficit in diverse opere arginali, spesso vecchie di oltre cento anni, lungo le tratte fluviali svizzere. Ciò non solo per quanto riguarda le loro altezze, ma soprattutto per quanto concerne l'integrità delle opere (scivolumenti, brecce localizzate, infiltrazioni con trasporto di materiale). Questa constatazione ha dato avvio a diversi progetti di risanamento (tra cui sul Canale della Linth e di Escher, lungo l'Aare, il Reno alpino, il Rodano, la Reuss, l'Emme e la Thur), che negli ultimi anni sono stati via via realizzati o sono ancora in corso. In relazione alle condizioni geotecniche nei fiumi con trasporto solido di materiale di fondo, si sono delineate le seguenti misure di risanamento lato terra:

- Riprofilatura dell'argine con riduzione della pendenza della scarpata e filtro di zavorra (se lo spazio disponibile è sufficiente)
- Sostituzione del materiale o struttura di sostegno lato terra (per spazi ristretti)
- Risanamento con parete impermeabile (per spazi ristretti e trasporto di materiale)

Le diverse tecniche di risanamento sono rappresentate nelle Figura 8-5 - Figura 8-8 nella sezione geotecnica trasversale. Quando le condizioni di spazio lo consentono, la riprofilatura dell'argine con filtro di zavorra risulta spesso la soluzione preferita. Essa offre i seguenti vantaggi:

- Soluzione semplice, robusta e generalmente economica (processi costruttivi semplici, materiali da costruzione convenienti)
- Miglioramento e aumento della capacità portante degli accessi alla e sul coronamento e al piede dell'argine
- Manutenzione e gestione semplificate, nonché migliori possibilità di intervento
- Creazione di habitat terrestri, inclusa una parziale ammissione di vegetazione arborea

Le soluzioni tecniche con sostituzione del materiale e/o muro di sostegno, così come quella con barriera impermeabile, sono in genere più costose e richiedono standard esecutivi più elevati. Dovrebbero essere adottate soprattutto quando la situazione specifica lo richiede, ad esempio in caso di vincoli di spazio o quando lo stato dell'argine esistente impone una soluzione di questo tipo.

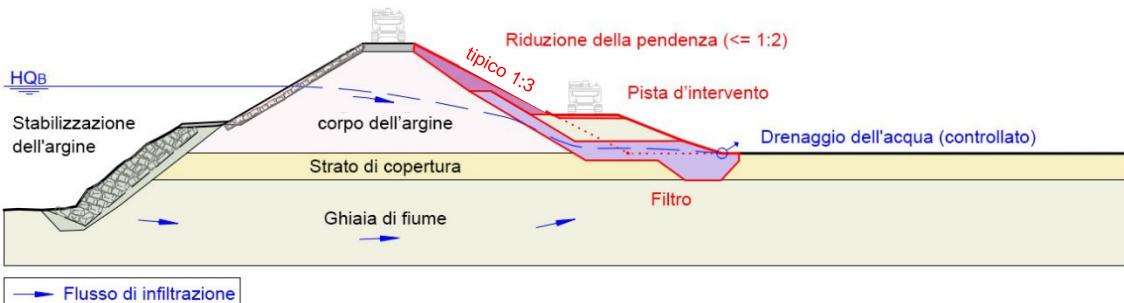


Figura 8-5: Sezione trasversale tipica di un argine nel caso di risanamento con un filtro di zavorra (strato filtro in viola).

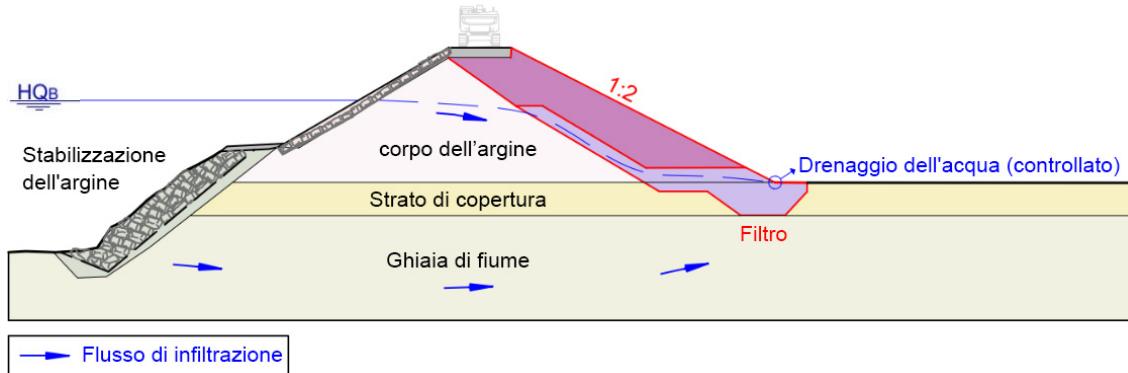


Figura 8-8: Sezione trasversale tipica di un argine nel caso di risanamento con sostituzione del materiale (strato filtrante in viola).

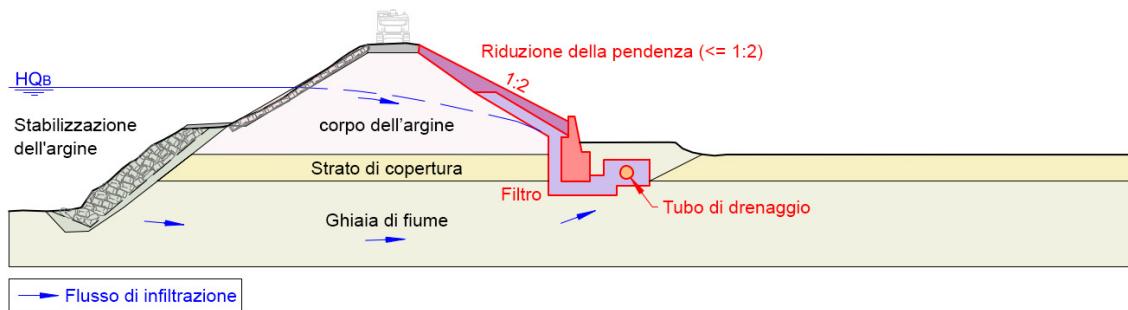


Figura 8-7: Sezione trasversale tipica di un argine nel caso di risanamento con un muro di sostegno (strato filtrante in viola).

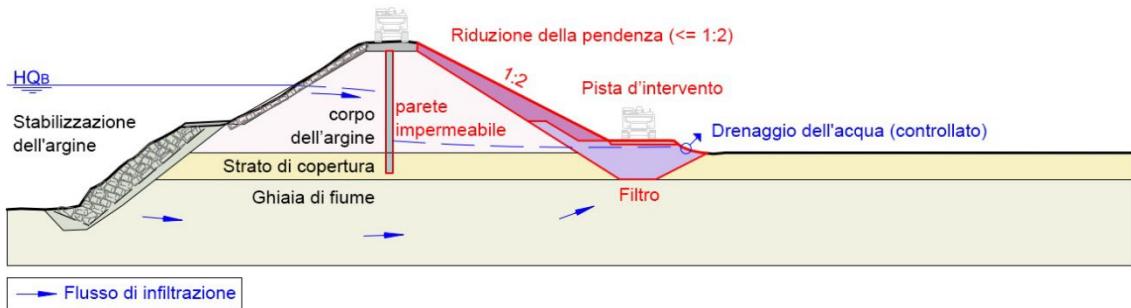


Figura 8-6: Sezione trasversale tipica di un argine nel caso di risanamento con una parete impermeabile (strato filtrante in viola).

8.3.7 Utilizzo e gestione

Gli spazi fluviali delle tratte dei fiumi di pianura in Svizzera sono spesso fortemente limitati da aree insediate, infrastrutture, attività agricole e forestali nonché dall'utilizzo a fini energetici. Ne derivano talvolta esigenze contrastanti riguardo all'utilizzo degli argini e alla tutela della flora e della fauna sugli argini stessi. Il bilanciamento tra lo scopo primario "protezione contro le piene" (sicurezza) e gli utilizzi secondari di tipo energetico, agricolo e forestale, di protezione ambientale ed ecologica, nonché per il tempo libero e come infrastrutture di trasporto, rappresenta una delle

principali sfide nella pianificazione degli argini longitudinali. Di conseguenza, sono altrettanto diversificati i requisiti posti agli argini nell'ambito di tali progetti.

Aspetti essenziali da considerare nella progettazione degli argini longitudinali sono elencati di seguito in forma sintetica. L'elenco non è esaustivo.

- Quale vegetazione e/o quale presenza arborea è ammessa?
- Come avvengono la gestione e la manutenzione e chi ne è responsabile?
- È ammesso l'utilizzo agricolo e/o forestale? Come è organizzato?
- Quale traffico, quali carichi di traffico e quali altri carichi sono ammessi e dove?
- Come vengono gestiti l'accesso e la circolazione di persone e veicoli lungo l'argine?
- Quali infrastrutture sono ammissibili o accettate nell'area arginale (longitudinalmente e trasversalmente all'asse dell'argine)?
- Tali utilizzi sono ammissibili rispetto alla LPAC (in particolare riguardo alla LPAC art. 37)?
- Dove vengono delimitate delle zone di protezione e dove hanno priorità i valori naturalistici?
- Come è garantita e strutturata l'accessibilità alle opere arginali (per esercizio, manutenzione e soprattutto intervento in caso di evento), quali accessi devono essere realizzati e in quale modo?

8.3.8 Vegetazione, copertura arborea e animali scavatori

Il tema della copertura arborea, centrale per la durabilità delle opere arginali, viene approfondito di seguito. Ciò anche perché la prassi in Svizzera differisce da quella di altri Paesi, nei quali spesso non è ammessa alcuna copertura arborea sugli argini. Di seguito viene riportata, quale esempio, l'impostazione sviluppata per gli argini lungo il Reno alpino.

Viene definita una sezione trasversale minima, che da un punto di vista tecnico/statico corrisponde almeno alla sezione d'argine richiesta e che non deve in alcun caso essere interessata da copertura arborea o attraversata da radici. Al di fuori di tale sezione minima vengono definite zone con il tipo di vegetazione ammessa. A tal riguardo vengono utilizzate le seguenti denominazioni:

- | | |
|----------------------------|--|
| • Vegetazione: | Copertura arborea e/o manto erboso |
| • Copertura arborea: | Alberi (fino a un massimo di 5 m di altezza) e arbusti |
| • Manto erboso: | Erbe e piante aromatiche |
| • Senza copertura arborea: | Erbe e piante aromatiche autorizzate |

La sezione trasversale minima è definita da un coronamento dell'arginale largo circa 5 m, posto con un frangobordo di 1 m sopra il livello d'acqua del deflusso di dimensionamento HQ_B, ma pure almeno sul livello d'acqua dell'evento estremo EHQ, con raccordo alla scarpata lato terra con una pendenza pari alla metà dell'angolo di attrito del materiale di riempimento dell'argine. Tale sezione minima è considerata come area che non deve essere attraversata dalle radici.

Le zone con vegetazione o copertura arborea sono definite secondo la Figura 8-9 come segue:

- B1: lato acqua; nella sezione minima in linea di principio privo di copertura arborea
- B2: zona di drenaggio; priva di copertura arborea, con copertura erbacea mantenuta bassa
- B3, B4: nei 2/3 superiori dell'altezza della scarpata lato terra; alberi e arbusti su max. 50% della superficie, altezza max. 5 m ed eventualmente diametro limitato

- B5: scarpata lato terra al di sopra del livello idrico di riferimento; alberi e arbusti fino a 5 m di altezza
- DSS: fascia di protezione dell'argine (di regola più ampia di 5 m) con eventualmente pista di intervento

La copertura arborea con pioppi non è in generale ammessa. Inoltre, al piede dell'argine (lato terra e lato acqua in presenza di golene) deve essere garantita una fascia di protezione dell'argine priva di copertura arborea (prolungamento della zona B4 al piede dell'argine verso l'entroterra). Nelle zone con strati di filtro o drenaggio integrati non è in generale ammessa copertura arborea. Al di fuori della fascia di protezione dell'argine, lato terra, è auspicabile realizzare una fascia arborea per motivi ecologici e paesaggistici. Essa consente, in particolare con alberi di grandi dimensioni, di mitigare l'impatto visivo dell'opera arginale e di evidenziare l'andamento del corso d'acqua. È auspicabile lo sviluppo di vegetazione ripuale a legno tenero sul lato acqua, al di fuori della fascia di protezione dell'argine.

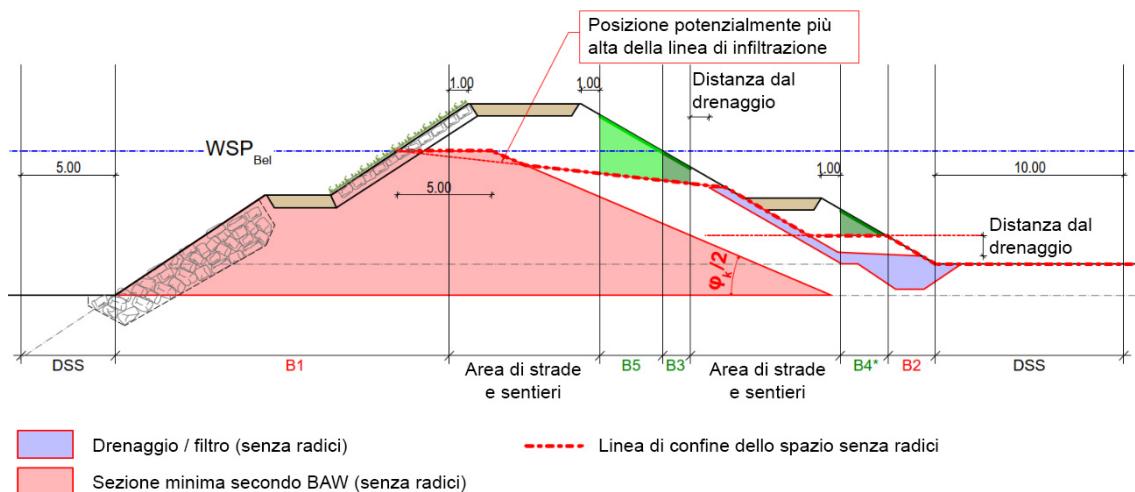


Figura 8-9: Concetto per la vegetazione e la copertura arborea sull'esempio del Reno alpino. (risanamento). In verde tratteggiato sono indicati gli apparati radicali del verde e della copertura arborea ammessi.

Per garantire la durabilità degli argini longitudinali assume sempre maggiore importanza anche la protezione degli argini dagli animali scavatori. Questi possono essere tenuti lontani nell'ambito della manutenzione ordinaria (v. Capitolo 10), anche se ciò risulta oneroso, non sempre efficace e talvolta in conflitto con la protezione degli animali. D'altra parte, soprattutto nei casi di nuove costruzioni o risanamenti, possono essere prese in considerazione misure costruttive sotto forma di barriere anti-scavo (ad es. reti metalliche integrate nel corpo arginale). Le misure specifiche devono essere pianificate e attuate in funzione della situazione concreta.

8.4 Esempi

Vedi Allegato A:

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P1	Protezione contro le piene del Reno alpino, itinerario internazionale km 65 - 91	x	x	x		
P4	Terza correzione del Rodano - Misura prioritaria di Visp		x	x		
P5	Protezione contro le piene e rinaturazione alla confluenza Aare-Gürbe		x	x		
P6	Elba, Z 8,6 Arretramento dell'argine a Köllitzsch		x	x		
P9	Protezione contro le piene piene Vecchia Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P11	Parco fluviale Boschetti-Saleggi, Bellinzona			x		
P12	Protezione contro le piene Buoholzbach (torrente, camera di ritenzione del materiale solido)			x		
P13	Elba, Z 8,5 Risanamento strutturale degli argini			x	x	
P14	Spazio di ritenzione controllato Polder Löbnitz			x	x	x

9 Fase (IV): Approvvigionamento e realizzazione

9.1 Introduzione

La Fase (IV) comprende le Fasi SIA 41–53 (appalto e realizzazione). Il rispetto dei costi e dei tempi delle opere da realizzare è determinato in modo sostanziale da una procedura d'appalto accurata e ben pianificata (Fase 41), da piani esecutivi privi di errori e consegnati nei tempi previsti (Fase 51) e da una direzione lavori rigorosa con particolare attenzione alla qualità dell'esecuzione (Fase 52).

La fase (IV) comprende le fasi 41-53 del SIA (gara d'appalto e realizzazione). Il rispetto dei costi e delle scadenze degli edifici da costruire è in gran parte determinato da gare d'appalto attente e ben ponderate (fase 41), da piani di esecuzione privi di errori e consegnati in tempo (fase 51) e da una gestione rigorosa dei lavori di costruzione con particolare attenzione alla qualità dell'esecuzione (fase 52).

9.2 Obiettivi e prodotti

Gli obiettivi comprendono

- la definizione del modello di appalto da applicare (TU/GU/alleanza/progettista-impresa di costruzione)
- la preparazione della documentazione di gara, compresa la bozza di contratto d'appalto, la procedura di gara e la scelta dell'impresa/ATI per la realizzazione → documentazione di gara
- la finalizzazione e la firma dei contratti d'appalto per la realizzazione delle opere tra committente e impresa/progettista
- la pianificazione esecutiva dettagliata → pianificazione esecutiva, il progetto esecutivo, o almeno parti di esso, può essere redatto anche prima della gara, in modo da disporre di un progetto sufficientemente definito per l'appalto all'impresa
- l'esecuzione in conformità ai piani, alle prescrizioni particolari e alle specifiche di qualità previste nel piano di controllo e collaudo nell'ambito del programma lavori definito
- la messa in esercizio delle opere, inclusa la rimozione dei difetti, la documentazione dell'opera realizzata e la fatturazione, nonché la consegna al committente

9.3 Punti chiave

9.3.1 Gara d'appalto per l'impresa di costruzione

L'obiettivo è determinare l'offerta economicamente più adeguata (da non confondere con l'"offerta più economica"), che garantisca il rispetto delle condizioni richieste e quindi un progetto qualitativamente adeguato e ricostruibile nei suoi passaggi. Il prezzo è quindi solo uno dei numerosi criteri di aggiudicazione e non sempre quello più importante.

L'idoneità dell'offerente (criteri di idoneità quali organizzazione/struttura, prestazioni, referenze aziendali, formazione ed esperienza del personale chiave, garanzia di qualità, capacità finanziaria) deve essere verificata mediante la procedura di gara, indipendentemente dal valore dell'appalto.

In relazione all'appalto per la realizzazione di argini longitudinali, vanno in particolare considerati i seguenti aspetti:

- esperienza tecnica nella costruzione/nel risanamento di argini (longitudinali) o dighe
- esperienza logistica in cantieri estesi lungo un tracciato, lavori al contatto con l'acqua e in alveo, processi costruttivi
- esperienza in accompagnamento ambientale alla costruzione
- esperienza nella gestione della circolazione delle persone
- competenze relative agli usi accessori (ecologia, svago, ecc.)
- analisi dell'appalto e varianti dell'impresa (in particolare logistica, processi costruttivi, flussi dei materiali)

Nel caso di argini longitudinali, le prestazioni dell'impresa di costruzione devono essere dettagliate in particolare rispetto ai seguenti aspetti:

- requisiti per il piano di posa dell'argine (sottosuolo portante)
- requisiti per il materiale di riempimento dell'argine: riutilizzo del materiale in loco (curva granulometrica, permeabilità, contenuto d'acqua)
- approvvigionamento del materiale, incl. campionamento nel luogo di prelievo
- eventuali requisiti per preparazione e il trasporto del materiale di riempimento
- posa e compattazione del materiale di riempimento, incl. controlli di qualità
- quota del coronamento e geometria dell'argine, incl. spessori aggiuntivi per compensare gli assestamenti
- requisiti per il coronamento dell'argine (larghezza, carichi di traffico)
- processi costruttivi
- concetto di gestione dei materiali, incl. riutilizzo dei materiali da scavo
- concetto di deponia (la Legge sulla sistemazione dei corsi d'acqua non contiene un articolo sulle deponie; pertanto l'impresa deve utilizzare discariche esistenti)
- elenco prestazioni completo con le quantità e le relative adeguate riserve
- controllo della qualità dell'opera d'argine, incl. riempimenti di prova con le necessarie verifiche geotecniche
- viabilità (accessi e uscite, ...) e aree di installazione
- gestione della circolazione delle persone (sicurezza: ad es. separazione tra attività di cantiere e utilizzo ricreativo, gestione degli accessi in esercizio)
- definizione della portata di rischio (delimitazione delle responsabilità tra committente e impresa in caso di piene durante il cantiere)
- piano di emergenza/allarme
- requisiti concreti per gli atti di costruzione e la documentazione dell'opera realizzata
- gestione delle modifiche delle condizioni al contorno e delle modifiche degli ordini

Le prescrizioni in materia di appalto impongono che i criteri di aggiudicazione, sviluppati in modo trasparente e completo, siano resi pubblici nei documenti di gara e debitamente motivati. La ponderazione dipende essenzialmente dalla complessità e dalla qualità attesa del progetto. Al fine di garantire una valutazione adeguata, i criteri di aggiudicazione (prezzo, competenze dell'offerente, competenze e referenze del personale chiave, aspetti tecnici, tempistiche, valore tecnico, opzioni, ecc.) devono essere definiti con una ponderazione specifica per ciascun progetto. In particolare,

le competenze del personale chiave impiegato nel progetto (referenze su argini longitudinali analoghi realizzati lungo corsi d'acqua) devono essere adeguatamente ponderate, valutate e applicate.

9.3.2 Controllo della qualità in fase di esecuzione

La documentazione di appalto comprende un piano di verifica e controllo, che deve essere eventualmente adattato e poi applicato durante l'esecuzione degli argini longitudinali. La posa del materiale di riempimento richiede personale tecnico esperto che accompagni costantemente le fasi di costruzione.

La documentazione deve includere almeno i seguenti elementi:

- stato e conformazione del piano di posa dell'argine
- specifiche del materiale di riempimento dell'argine con i relativi certificati
- protocolli dei controlli durante la costruzione dell'argine con tutti i risultati dei test
- controlli altimetrici (profili trasversali e longitudinali dell'opera realizzata)
- ulteriore documentazione della direzione lavori (ad es. fotografie, ecc.)

Si raccomanda che per ogni argine fluviale il rispettivo gestore rediga una documentazione finale dell'opera realizzata, contenente tutte le informazioni fondamentali relative all'argine in questione. Tale documentazione deve includere le informazioni rilevanti sulla progettazione, la costruzione e l'esercizio, nonché eventuali modifiche intervenute dopo la messa in esercizio.

9.4 Esempi

Vedi Allegato A:

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P13	Elba, Z 8,5 Risanamento strutturale degli argini			x	x	
P14	Spazio di ritenzione controllato Polder Löbnitz			x	x	x
P15	Allargamento della Reuss Hinterleitschach, Erstfeld UR				x	

10 Fase (V): Esercizio e manutenzione

10.1 Introduzione

Gli argini longitudinali sono manufatti che, come altre strutture tecniche, richiedono una manutenzione regolare e un monitoraggio sia in condizioni ordinarie sia durante gli eventi di piena. A seconda della configurazione degli argini longitudinali e degli eventuali spazi goleinali, è possibile una gestione almeno parziale delle aree. Poiché il potenziale di danno in caso di cedimento dell'argine può essere elevato, il piano di emergenza – compreso l'intervento durante l'evento – rappresenta, insieme alla manutenzione e al monitoraggio, uno strumento essenziale per prevenire e scongiurare un cedimento.

10.2 Obiettivi e prodotti

Per quanto riguarda gli argini longitudinali lungo i fiumi, nella Fase V si persegono i seguenti obiettivi:

- chiarire le competenze e le responsabilità nell'ambito della gestione
- chiarire le competenze e le responsabilità nell'ambito della manutenzione
- chiarire le competenze e le responsabilità nell'ambito del monitoraggio ordinario (prima di un evento)
- chiarire le competenze e le responsabilità durante e dopo un evento (piano di emergenza)

Al termine della Fase V devono essere disponibili i seguenti documenti:

- concetto di gestione
- concetto di manutenzione, inclusi il piano o il concetto di cura (in accordo con gli uffici competenti)
- concetto di monitoraggio
- piano di emergenza (intervento durante un evento)

10.3 Punti chiave

10.3.1 Utilizzo e gestione

L'utilizzo e la gestione degli argini longitudinali (lato terra e lato acqua), nonché delle eventuali zone goleinali e delle aree di transizione sul lato terra degli argini longitudinali, devono essere disciplinati in un concetto di gestione. Nel catasto delle opere di protezione o nel sistema di gestione delle opere di protezione dei Cantoni devono inoltre essere registrate le relative responsabilità.

Nella configurazione dello spazio riservato alle acque devono, per quanto possibile, trovare applicazione l'articolo 37 della LPAC e l'articolo 4 della LSCA, ossia la configurazione naturale deve essere prioritaria rispetto all'uso agricolo (art. 41c OPAC). Qualora la gestione degli argini longitudinali, comprese le eventuali zone goleinali (spazio riservato alle acque), faccia parte della manutenzione, occorre osservare l'art. 41c, cpv. 4 OPAC.

Se il Cantone competente, il Comune competente o un consorzio arginale non si occupa direttamente dell'utilizzo e della gestione, il terreno può essere affittato. A tal fine deve essere stipulato un contratto di affitto per fondi agricoli. Nel contratto d'affitto devono essere regolati le condizioni della gestione al momento dell'inizio dell'affitto (colture presenti, terreno arato/non arato, prato artificiale, prato naturale, pascolo), nonché le condizioni quadro e le prescrizioni. Tra queste rientrano, tra l'altro:

- oggetto dell'affitto (parcella, superficie)
- canone d'affitto
- durata del contratto d'affitto
- prescrizioni per la gestione (ad es. semina, tempi di taglio, manutenzione della copertura arborea)
- prescrizioni per il pascolo
- eventuali indennizzi in caso di piena
- eventuali ulteriori disposizioni

Dal punto di vista dell'intervento in caso di evento, il contratto d'affitto dovrebbe prevedere che la metà inferiore o il terzo inferiore della scarpata possa essere tagliato prima della stagione delle piene e che ciò non venga impedito dal momento del taglio.

Per quanto riguarda la durata dell'affitto, il termine di disdetta e il canone d'affitto, si rinvia al diritto fondiario agricolo (Legge federale sull'affitto agricolo, LAAgr).

10.3.2 Manutenzione

I corsi d'acqua, le sponde e le opere di protezione idraulica devono essere mantenuti in modo tale da garantire che il livello di protezione contro le piene esistente, in particolare la capacità di deflusso, sia preservato. Anche gli argini longitudinali necessitano quindi di una manutenzione regolare, per conservarne l'efficienza funzionale nel tempo. In un piano di manutenzione devono essere descritte le attività necessarie e definite le responsabilità in materia di manutenzione.

Concetto di manutenzione

Il concetto di manutenzione deve fornire supporto all'ente responsabile, consentendo di procedere in modo sistematico nella gestione e manutenzione dei corsi d'acqua e di promuoverne le molteplici funzioni. Facilita la pianificazione e la definizione dei budget relativi al personale, ai mezzi e alle risorse finanziarie necessari. Il concetto di manutenzione garantisce inoltre una visione d'insieme e la continuità nel perseguimento degli obiettivi, stabilendo le priorità tra i diversi interventi.

Il concetto di manutenzione deve definire, per quanto necessario (elenco non esaustivo):

- gli obiettivi da raggiungere
- le responsabilità per le ispezioni e le attività di manutenzione
- la pianificazione spaziale e temporale degli interventi di manutenzione
- l'entità dei lavori da eseguire
- le superfici vegetate e le piantumazioni idonee al sito

Manutenzione degli argini

Nell'ambito della manutenzione degli argini devono essere eseguiti, a seconda dei casi, tutti o parte dei seguenti interventi (elenco non esaustivo):

- ripristino e manutenzione delle sponde e, se presenti, delle aree golenali
- cura della vegetazione ripariale
- lotta alle neofite
- sfalcio regolare delle scarpate, per limitare la crescita di vegetazione arbustiva e favorire un manto erboso denso, qualora non sia ammessa vegetazione arborea sulle scarpate (mantenimento sgombro)
- qualora la vegetazione sia ammessa, attuazione del relativo piano di gestione e pianificazione della manutenzione arborea
- rimozione di rifiuti e di grandi accumuli di legname
- rimozione di depositi locali (non tollerabili), in particolare nelle aree golenali
- gestione della presenza di animali scavatori
- ripristino della protezione delle sponde, se danneggiata da eventi di piena
- ripristino e manutenzione di soglie, sistemi di drenaggio e rampe dopo gli eventi
- manutenzione di eventuali manufatti situati nell'argine, sull'argine o lungo le piste di intervento (piste arginali, ecc.)
- ripristino dei profili arginali in caso di cedimenti, franamenti o punti deboli locali
- segnalazione di criticità

La manutenzione deve essere documentata in un piano di manutenzione, da aggiornare regolarmente. Possono inoltre essere eseguiti rilievi topografici periodici. Il piano di manutenzione deve essere preferibilmente redatto in formato digitale, eventualmente integrato in un geoportale dell'amministrazione competente.

10.3.3 Vegetazione, copertura arborea e animali scavatori

Vegetazione e copertura arborea

Se nella Fase III è stato progettato un argine longitudinale con una sezione maggiorata (più larga o più alta del necessario) e si è quindi deciso di ammettere la presenza di vegetazione o copertura arborea, occorre redigere un piano di gestione della vegetazione e della copertura arborea. In tale piano devono essere specificate le specie vegetali ammesse e quelle non consentite. Nel promemoria tecnico del BAW "Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrassen" (BAW, 2011) sono elencati gli alberi e gli arbusti ammessi in funzione della loro collocazione, nonché le specie vietate. È necessario pianificare un'adeguata manutenzione della vegetazione arborea e metterla in atto.

Animali scavatori

Gli argini longitudinali offrono habitat adatti a diverse specie animali. Gli animali scavatori possono compromettere localmente la sicurezza di un argine a causa delle loro gallerie. Specie terrestri come tasso, volpe, ratto muschiato, talpa e arvicola possono creare sistemi di cunicoli estesi. Gli ingressi sul lato acqua si trovano di solito al di sopra del pelo dell'acqua abituale e sono quindi più facilmente individuabili, mentre quelli sul lato terra sono più difficili da localizzare. Specie semi-aquatiche come il castoro, invece, costruiscono i propri accessi al di sotto del pelo dell'acqua

abituale, rendendone difficile l'individuazione. La presenza di vegetazione e copertura arborea sugli argini favorisce l'insediamento degli animali scavatori.

Negli argini longitudinali con una sezione minima, la presenza di animali scavatori all'interno della sezione dell'argine non è ammessa; essi possono essere tenuti lontani mediante barriere anti-scavo quali reti metalliche. Se si riscontrano tane, queste devono essere rimosse per quanto possibile e l'argine ripristinato.

Negli argini longitudinali con sezione maggiorata (più larga), purché sia garantito che gli animali non si estendano fino alla sezione minima, possono essere tollerate tane superficiali. In tal caso, la sezione minima può essere protetta mediante una barriera anti-scavo. Le tane eventualmente presenti devono essere documentate nell'ambito della manutenzione dell'argine e, se necessario, le barriere anti-scavo devono essere ripristinate.

Per la gestione degli animali scavatori si rimanda alle direttive DWA-M 608-1 (2017), che forniscono indicazioni dettagliate in materia.

10.3.4 Monitoraggio

Nell'ambito del monitoraggio si distingue tra il monitoraggio prima di un evento, ovvero il monitoraggio regolare, e il monitoraggio durante un evento, svolto nell'ambito del piano di emergenza.

Monitoraggio prima di un evento

Un'opera di protezione lungo un corso d'acqua deve essere controllata e monitorata in modo regolare e sistematico. Ciò vale in particolare per gli argini longitudinali. Le modalità di controllo, i soggetti coinvolti, la frequenza e la forma di documentazione devono essere definite in un piano di monitoraggio, da concordare con l'autorità o le persone competenti. La frequenza e la regolarità dei controlli dipendono dall'altezza, dall'età, dallo stato degli argini longitudinali e dalla presenza di attività faunistiche nell'area arginale. Inoltre, deve essere eseguito un controllo dopo ogni evento di piena.

I controlli devono essere verbalizzati. Le anomalie riscontrate vanno documentate in un modulo dedicato e segnalate all'ente responsabile. È opportuno utilizzare moduli predefiniti, sotto forma di checklist, per favorire controlli uniformi e garantire una documentazione semplice e completa. Si raccomanda inoltre l'uso di strumenti digitali per il controllo e il ripristino degli argini longitudinali.

Per argini longitudinali di grande altezza e/o con elevato potenziale di danno, è consigliabile redigere ogni anno un rapporto di sicurezza e svolgere un'ispezione visiva con il supporto di una persona esperta, durante la quale si discutono anche le osservazioni raccolte dal personale addetto alla manutenzione. Il risultato è un rapporto annuale sulla sicurezza, che documenta lo stato degli argini longitudinali e le misure adottate.

Poiché anche un buon monitoraggio non consente di individuare tutte le anomalie, è indispensabile disporre, in caso di piena, di un piano di emergenza e della possibilità di intervento (v. Capitolo 10.3.5). In particolare, i processi nascosti (come fenomeni di cedimento idraulico di fondo o di erosione interna) difficilmente possono essere rilevati nell'ambito del monitoraggio regolare.

Nell'ambito del monitoraggio devono essere svolte le seguenti attività (elenco non esaustivo):

- monitoraggio della quota dell'alveo e dello stato delle scarpate e delle opere di protezione spondale

- controllo delle quote del coronamento degli argini (in caso di cedimenti, questi devono essere compensati in funzione della loro entità)
- rilevamento di infiltrazioni e flussi di percolazione
- individuazione delle tane di animali scavatori
- lettura, documentazione e interpretazione dei dati qualora siano installati strumenti di misura.

Monitoraggio durante un evento

Il monitoraggio durante un evento deve essere definito all'interno del piano di emergenza (v. Capitolo 10.3.5)

10.3.5 Piano di emergenza e intervento in caso di evento

L'intervento in caso di evento si basa su un piano di emergenza comunale (BAFU, 2010). Per opere di grandi dimensioni, come ad esempio quelle lungo il Reno alpino, la Linth o il canale di Hagneck, può essere opportuno disporre di un piano di emergenza specifico per gli argini longitudinali. Per i corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni, invece, gli argini longitudinali sono integrati nel piano di emergenza comunale. Nel piano di emergenza devono essere disciplinati almeno i seguenti aspetti:

- struttura organizzativa
- documentazione operativa
- allarme
- monitoraggio degli argini, strumenti di previsione
- equipaggiamento
- interventi strutturali
- piano di emergenza (evacuazione)
- formazione ed esercitazioni

Struttura organizzativa

È necessaria una struttura organizzativa che consenta di reagire tempestivamente e in modo adeguato a un evento di piena di grande entità. L'istituzione e il mantenimento della struttura organizzativa e delle squadre di intervento necessarie, la loro attivazione, direzione e formazione, insieme alle esercitazioni, costituiscono presupposti fondamentali per un'azione efficace nelle condizioni spesso estreme che accompagnano le piene più importanti.

La struttura organizzativa comprende un'unità operativa incaricata della protezione dell'opera vera e propria, comprendente anche gli argini longitudinali. L'obiettivo principale è garantire la funzionalità dell'opera durante l'evento di piena, proteggendo così le aree esterne dall'inondazione. Un'altra unità organizzativa si occupa invece della protezione della popolazione in caso di esondazione. Nella struttura organizzativa devono inoltre essere coinvolti gli uffici cantonali competenti, le autorità federali e i decisori politici. Una possibile struttura organizzativa è riportata per il Linthwerk all'Allegato A, come esempio di progetto 17.

Allarme

Nel piano di allarme per le piene sono stabilite le misure che devono essere adottate dalle squadre di intervento al raggiungimento di determinati livelli idrometrici. L'inizio delle misure di protezione è definito nel piano come valore soglia. Con l'aumentare dei livelli dell'acqua, le misure di protezione previste vengono attuate in modo coordinato e progressivo.

Le misure previste dal piano di allarme contro le piene iniziano a partire da una soglia inferiore (livello limite) e si estendono all'intera area pianificabile. Il limite superiore, ossia il termine del campo di azione del piano di protezione dalle piene, corrisponde al livello idrico di dimensionamento più il frangobordo previsto (portata al coronamento dell'argine).

L'allarme delle squadre di intervento riveste un ruolo fondamentale nelle operazioni durante gli eventi di piena. Esso si basa sulle previsioni di piena (e sulle valutazioni dei consulenti locali per i pericoli naturali) e deve garantire che tutte le risorse necessarie siano disponibili in tempo utile per eseguire le misure di protezione previste nel piano di allarme prima del raggiungimento dei livelli d'acqua previsti. A tal fine, devono essere redatti appositi piani di allarme, che vanno mantenuti costantemente aggiornati. Il flusso delle segnalazioni di allerta e di avviso, insieme a uno schema delle fasi operative, è illustrato per il Linthwerk all'Allegato A, come esempio di progetto 17.

Monitoraggio degli argini durante un evento

Un argine longitudinale deve essere suddiviso in sezioni adeguate, ognuna delle quali deve essere controllata da almeno due sorveglianti, che operano a piedi. Una o due persone pattugliano lungo il coronamento dell'argine, verificando il coronamento stesso e la scarpata lato acqua per individuare eventuali erosioni o frane della scarpata. La pattuglia che opera lungo il piede dell'argine sul lato terra controlla la scarpata lato terra e l'area adiacente per verificare eventuali infiltrazioni, scivolamenti, fessurazioni, sedimenti nell'argine o fuoriuscite d'acqua. Ad esempio, lungo il Reno alpino il monitoraggio dell'argine (pattugliamento) viene svolto da tre persone dotate di giubbotti di salvataggio: 1x sul coronamento dell'argine con zaino e radio, 1x sulla pista di intervento o sul sentiero lato terra con sacca da lancio, 1x nell'area del piede dell'argine e fino a circa 10 m verso terra.

Forze d'intervento

Nel piano di emergenza deve essere definito il numero necessario di persone in funzione del livello di allarme. A tal fine è previsto un servizio di picchetto o di pronta reperibilità. In particolare, deve essere garantita anche la presenza di competenze specialistiche in ambito idraulico e geotecnico.

Equipaggiamento

Un equipaggiamento adeguato delle forze d'intervento è una condizione indispensabile per poter affrontare efficacemente gli effetti di un'alluvione. L'equipaggiamento comprende strumenti, dispositivi di supporto e materiali di consumo. Le attrezzature e i materiali necessari devono essere disponibili a una distanza ragionevole.

Un equipaggiamento minimo comprende: materiale per la segnalazione, materiale per la documentazione, mezzi di comunicazione, illuminazione, dispositivi di protezione individuale (DPI) inclusi giubbotto salvagente e sacca da lancio.

Formazione ed esercitazioni

La preparazione e il coordinamento di tutte le misure rivestono un ruolo fondamentale. A tal fine devono essere organizzate opportune formazioni ed esercitazioni in condizioni il più possibile realistiche. In questo modo le forze d'intervento acquisiscono familiarità con le procedure e possono essere individuate eventuali criticità.

Le esercitazioni servono a verificare e ottimizzare i processi necessari alla gestione delle piene. La collaborazione ottimale tra le forze d'intervento delle diverse istituzioni, con un flusso informativo rapido e di qualità, contribuisce in modo determinante a garantire che tutte le opere di protezione contro le piene siano disponibili in tempo utile e pienamente operative in caso di necessità.

Le singole misure previste dal piano di emergenza devono essere costantemente verificate e migliorate attraverso le esercitazioni. Gli interventi effettuati in occasione delle precedenti piene, così come le esperienze maturate durante le esercitazioni, devono essere considerati parte di un processo di apprendimento continuo.

Interventi strutturali (misure immediate)

Le misure immediate consistono in interventi strutturali da eseguire durante un evento di piena, finalizzati alla stabilizzazione dell'argine fino al risanamento definitivo successivo all'evento. L'obiettivo è prevenire un cedimento dell'argine. A tal fine devono essere garantiti l'accesso (piste di intervento) e la disponibilità delle attrezzature, dei mezzi di supporto e dei materiali necessari.

Possibili misure di difesa dell'argine (interventi strutturali):

- sostegno dell'argine dal lato terra
 - filtro di carico con riempimento permeabile
 - filtro di carico con sacchi di sabbia
 - sostegno con ghiaia in caso di scivolamento
 - sostegno con sacchi di sabbia in caso di scivolamento
- stabilizzazione delle fessure
- sigillatura e messa in sicurezza dei punti di ingresso dell'acqua e degli scivolamenti delle scarpate
 - sigillatura locale con telo impermeabile
 - riempimento degli scivolamenti sul lato acqua
- protezione contro l'erosione
- sopraelevazione dell'argine
- messa in sicurezza dell'area retrostante l'argine
- in caso di cedimento dell'argine, chiusura della breccia con riempimento, sacchi di sabbia, pali, fascine, big bags

10.4 Esempi

Vedi Allegato A:

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P7	Protezione contro le piene a Krummbach		x			x
P8	Canale di Hagneck		x			x
P9	Protezione contro le piene piene Vecchia Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P14	Spazio di ritenzione controllato Polder Löbnitz			x	x	x
P16	Manutenzione degli argini di protezione contro le piene basata sul rischio					x
P17	Piano di emergenza e di intervento in caso di evento					x

11 Bibliografia

- UFAM. 2010 *Erfolgreiche Intervention bei aussergewöhnlichen Naturereignissen Zusammenarbeit von Bund und Kantonen*, 31 marzo 2010 UFAM (Ufficio federale dell'ambiente).
- UFAM.2020. *Pianificazione dell'intervento contro i pericoli naturali gravitativi - Guida per i comuni*, versione 1.0 - ottobre 2020. UFAM (Ufficio federale dell'ambiente).
- UFAM. 2022a. *Gestione di vecchi sistemi di protezione nei torrenti - Esperienze e raccomandazioni*. Svizzera: UFAM (Ufficio federale dell'ambiente). Guida.
- UFAM. 2022b. *Allegato: Gestione di vecchi sistemi di protezione nei torrenti - Schede dei casi di studio*. Svizzera: UFAM (Ufficio federale dell'ambiente).
- UFAM. 2023. Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz. UFAM (Divisione prevenzione rischi).
- BAW. 2011. *Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD)*. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe
- UFE. 2015. *Direttiva sulla sicurezza delle dighe*. Svizzera: Ufficio federale dell'energia UFE. Direttiva.
- Bielitz, E. 2005. *Deiche und Deichunterhaltung im Freistaat Sachsen*. Deutschland, Freistaat Sachsen: Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. Präsentationsfolien.
- CIRIA. 2013. *The International Levee Handbook*. Grossbritannien, Frankreich, USA. Handbuch. www.ciria.org.
- Conrad, Margit. 2005 *Hochwasservorsorge Hinweise für die Wasserwehren*. Deutschland, Rheinland-Pfalz: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Richtlinie.
- DWA. 2011. *Deiche an Fließgewässern*, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Merkblatt DWA-M 507-1, DGGT, DTK und DWA, Hrsg. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef
- DWA. 2017. *Bisam, Biber, Nutria Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen*. Merkblatt DWA-M 608-1.
- Istituto Federale di Tecnologia (ETH) di Zurigo e Laboratorio di Idraulica, Idrologia e Glaciologia (VAW). 2020a. *Abschlussbericht Studie zu Einlassbauwerken von Flutpoldern und Seitenentlastungen an Fließgewässern Empfehlungen für Bauwerkstypen und Bauweisen*. Schweiz und Deutschland: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Studie.
- Istituto Federale di Tecnologia (ETH) di Zurigo e Laboratorio di Idraulica, Idrologia e Glaciologia (VAW). 2020b. *Kurzfassung Studie zu Einlassbauwerken von Flutpoldern und Seitenentlastungen an Fließgewässern Empfehlungen für Bauwerkstypen und Bauweisen*. Schweiz und Deutschland: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Studie.
- Stato libero di Turingia. 2003. *Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, Stauhaltungs-dämmen und kleinen Staudämmen*. Deutschland, Freistaat Thüringen: Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Leitfaden.
- Göttle, A. 2003. *Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung*. Deutschland, Landesamt Bayern: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Leitfaden.

Grauduschus, Saskia e Katja Last. 2019. *Handlungskonzept für den Umgang mit bestehendem Gehölz auf Stauhaltungsdämmen*. Wasserwirtschaft 5: 34–37.

Cantone di Turgovia. 2018. *Merkblatt für die Planung und den Unterhalt von kleinen Stauanlagen, die nicht der Stauanlagengesetzgebung unterstehen*. Schweiz, Thurgau: Amt für Umwelt - Thurgau. Merkblatt.

Lfu. 2005 *Flussdeiche Überwachung und Verteidigung*. Deutschland, Baden-Württemberg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Leitfaden. www.lfu.baden-wuerttemberg.de.

LUBW. 2006. *Flussdeiche - Deichverteidigung im Hochwasserfall*. Deutschland, Baden-Württemberg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Publikation. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.

KOHS. 2013. *Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen*, Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). «Wasser Energie Luft» —105. Jahrgang, 2013, Heft 1, CH-5401 Baden.

Makdisis FI, Seed HB. 1978. *Simplified procedure for estimating dam and embankment earthquake-induced deformations*. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol 104, No. GT7, pp 849-867.

Niederer + Pozzi Umwelt AG. 2019. *Projektstudie zur Systemsicherheit am Hochwasserschutz des Alpenrheins*, Synthesebericht zu Handen IRKA.

Oplatka, Matthias e altri. 2023. *Reise zum akzeptierten Risiko - Gemeinsame Risikobetrachtung von Naturgefahren*. Trägerschaft ab 2023: WSL Institut für Schnee und Lawinenforschung SL.

PLANAT. 2013 *Sicherheitsniveau für Naturgefahren*. Nationale Plattform für Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern

Norma SIA 260. 2003. *Basi per la progettazione di strutture portanti*.

Norma SIA 261. 2020. *Azioni sulle strutture portanti*.

Norma SIA 267. 2013. *Geotecnica. SN 505267:2013 it*

Norma SIA 269. 2017. *fondamenti della manutenzione delle strutture*.

STK. 2025. *Sicherheit von kleinen Stauanlagen - Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb*.

VAW. 2018 *Levees and Flood Defences in Switzerland*. Schweiz: EUROPEAN LEVEES AND FLOOD DEFENCES Inventory of characteristics, risks and governance. Studie.

USACE. 2000 *Design and Construction of Levees*. US Army Corps of Engineers. Manual No. 1110-2-1913

USACE. 2004. *General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams*. US Army Corps of Engineers. EM 1110-2-2300

USBR. 1987 *Design of Small Dams*. A water resources technical publication. 3rd. Ed. United States Dept. of the Interior, Bureau of Reclamation

12 Appendice A: Esempi di progetti

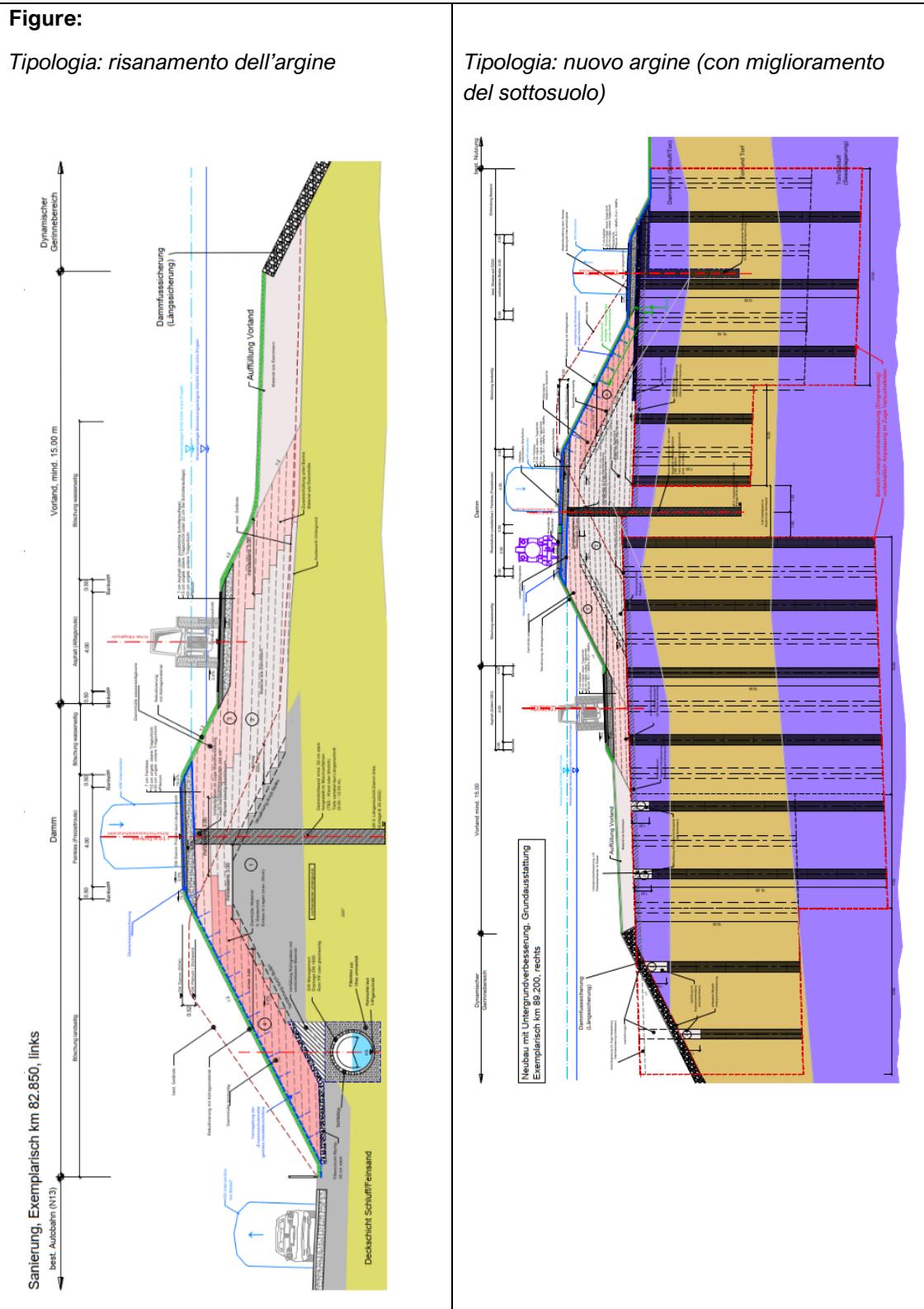
Tabella riassuntiva degli esempi di progetto

No.	Esempio di progetto	Esempio di fase				
		I	II	III	IV	V
P1	Protezione contro le piene del Reno alpino, tratta internazionale km 65 - 91	x	x	x		
P2	Protezione contro le piene dell'Alta Valle della Reuss		x			
P3	Protezione contro le piene Pfaffnern		x			
P4	Terza correzione del Rodano - Misura prioritaria a Visp		x	x		
P5	Protezione contro le piene e rinaturazione alla confluenza Aare-Gürbe		x	x		
P6	Elba, Z 8,6 Arretramento dell'argine a Köllitsch		x	x		
P7	Protezione contro le piene Krummbach		x			x
P8	Canale di Hagneck		x			x
P9	Protezione contro le piene piene Vecchia Aare		x	x		x
P10	Protezione contro le piene Linth 2000		x	x	x	x
P11	Parco fluviale Boschetti-Saleggi, Bellinzona			x		
P12	Protezione contro le piene Buoholzbach (torrente, camera di ritenzione del materiale solido)			x		
P13	Elba, Z 8,5 Risanamento strutturale degli argini			x	x	
P14	Spazio di ritenzione controllato Polder Löbnitz			x	x	x
P15	Allargamento della Reuss Hinter Leitschach, Erstfeld UR				x	
P16	Manutenzione degli argini di protezione contro le piene basata sul rischio					x
P17	Piano di emergenza e di intervento in caso di evento					x

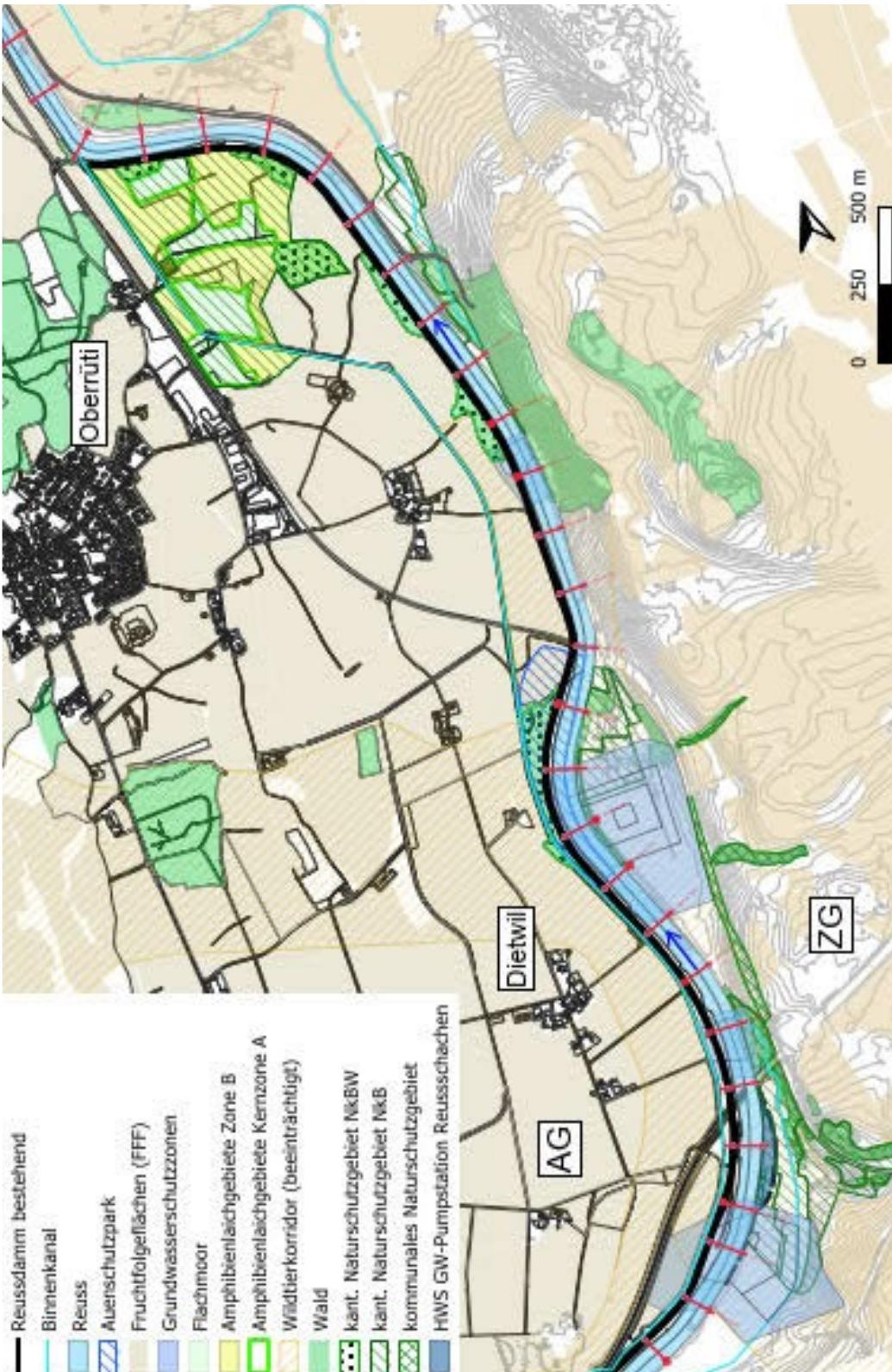
Progetto P1: Protezione contro le piene del Reno alpino, tratta internazionale km 65 - 91		Corso d'acqua: Reno alpino
Esempio sulla fase di progetto: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento 		Anno: Pianificazione: 2011 - 2025 Procedura di autorizzazione dal 2026 Realizzazione a partire dal 2030 circa
Cantone: San Gallo		
Caratteristiche degli argini longitudinali: <p>Altezza dell'argine: da 2 a 10 m</p> <p>Tipo di argine: argine in terra omogeneo con rivestimento resistente al taglio e parete impermeabile</p> <p>Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): da 1:2 a 1:3</p>		
Link per ulteriori informazioni sul progetto: www.rhesi.org		
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e di utilizzo ▪ rilevamento delle base ▪ vegetazione e copertura arborea 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ dimensionamento dell'argine ▪ aspetti geotecnici ▪ sicurezza del sistema 	
Descrizione: <p>Dimensionamento idraulico degli argini per l'evento di progetto di 4'300 m³/s (HQ₃₀₀) → franco bordo completo secondo le raccomandazioni KOHS in corrispondenza della sommità della parete impermeabile; considerazione del caso di sovraccarico mediante franco bordo completo alla quota del coronamento dell'argine per EHQ, oppure franco bordo ridotto alla quota del coronamento dell'argine con contemporanea protezione contro la tracimazione degli argini per l'EHQ.</p> <p>Verifica di stabilità particolarmente impegnativa in caso di terremoto, a causa di condizioni di fondazione localmente sfavorevoli → misure di miglioramento del sottosuolo al di sotto degli argini.</p> <p>Prescrizioni restrittive dal punto di vista geotecnico per la copertura arborea: nessuna copertura arborea all'interno della sezione minima geotecnica; copertura arborea ammessa solo sugli argini con sovraprofilo, nel rispetto delle limitazioni relative all'altezza e al diametro del fusto.</p>		

Figure:

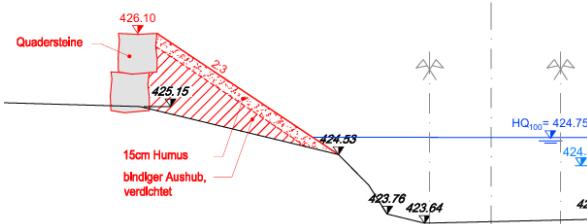
Tipologia: risanamento dell'argine



Progetto P2: Protezione contro le piene dell'Alta Valle della Reuss	Corso d'acqua: Reuss																		
Esempio sulla fase die progetto	Anno: 2018-2023																		
<input checked="" type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Argovia																		
Caratteristiche degli argini longitudinali:																			
Lunghezza dell'argine: 5.4 km (tratta Dietwil-Oberrüti) Altezza dell'argine: da 2 a 3 m Tipo di argine: omogeneo Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): circa 1:2 Età dell'argine: 80-100 anni																			
Link a ulteriori informazioni sul progetto:																			
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ interessi di utilizzo 																			
Descrizione:																			
<p>Nell'ambito del concetto di protezione contro le piene per l'Alta Valle della Reuss, nel Cantone di Argovia, è stato condotto uno studio delle varianti per la tratta più meridionale Dietwil–Oberrüti, al fine di definire una nuova linea arginale per l'argine della Reuss bisognoso di risanamento. In tale contesto sono emersi numerosi interessi d'uso contrastanti: protezione contro le piene, inclusa la rivitalizzazione, tutela delle superfici per la rotazione delle colture, aree protette, boschi, captazioni di acqua potabile, infrastrutture pubbliche e utilizzo a fini ricreativi.</p> <p>Le varianti sono state valutate mediante una matrice di valutazione con criteri ponderati, tenendo conto degli interessi d'uso esistenti. La variante migliore è stata infine individuata sulla base di una ponderazione degli interessi secondo la procedura stabilita nell'Ordinanza sulla pianificazione del territorio. Lo studio delle varianti è stato accompagnato da un intenso processo partecipativo.</p>																			
Figure:																			
<p><i>Categorie di valutazione con ponderazione:</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Hochwassersicherheit</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td>2. Bau- und Unterhalt</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>3. Landbeanspruchung</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>4. Natur und Wasser</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>5. Grundwasser, Raumplanung</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>6. Akzeptanz</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>7. Erholung</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td>100 %</td> </tr> </tbody> </table>		Kategorie	Gewichtung	1. Hochwassersicherheit	20 %	2. Bau- und Unterhalt	10 %	3. Landbeanspruchung	25 %	4. Natur und Wasser	25 %	5. Grundwasser, Raumplanung	10 %	6. Akzeptanz	5 %	7. Erholung	5 %		100 %
Kategorie	Gewichtung																		
1. Hochwassersicherheit	20 %																		
2. Bau- und Unterhalt	10 %																		
3. Landbeanspruchung	25 %																		
4. Natur und Wasser	25 %																		
5. Grundwasser, Raumplanung	10 %																		
6. Akzeptanz	5 %																		
7. Erholung	5 %																		
	100 %																		



Perimetro di progetto con destinazioni d'uso

Progetto P3: Protezione contro le piene Pfaffnern		Corso d'acqua: Pfaffnern
Esempio sulla fase di progetto:		Anno: 2020
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento		Cantone: Argovia
Caratteristiche degli argini longitudinali:		
Altezza dell'argine: da 0.5 m a 1.5 m Tipo di argine: Mezzo argine con nucleo in blocchi Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 2:3 / quasi verticale		
Link a ulteriori informazioni sul progetto:		
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ vegetazione e copertura arborea 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti 	
Descrizione: Per la protezione contro le piene della Pfaffnern, le proprietà sono state protette a tratti mediante argini. Per ridurre il consumo di superficie nei giardini privati è stato realizzato un mezzo argine, che presenta una scarpata solo sul lato acqua ed è stabilizzato sul lato terra con blocchi di pietra.	Figure:  <i>Schizzo concettuale della struttura dell'argine</i>	
Vantaggi di questa tipologia di argine: <ul style="list-style-type: none"> - minore ingombro - argine con permeabilità molto bassa grazie alla realizzazione con materiale di scavo coesivo sul lato della scarpata - possibilità di una fitta copertura arborea - se desiderato, i blocchi possono essere disposti in modo da fungere da sedute. La progettazione dell'argine nei giardini privati è stata molto impegnativa. A causa delle diverse sistemazioni spondali esistenti, è stato necessario variare localmente l'angolo di pendenza della scarpata.	 <i>Vista dell'opera realizzata</i>	

Progetto P4: Terza correzione del Rodano - Misura prioritaria a Visp	Corso d'acqua: Rodano
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2009 - 2019
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Vallese
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
<p>Altezza dell'argine: circa 5 m dal livello del terreno Tipo di argine: argine con nucleo geotecnico e sezione maggiorata in larghezza Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): max. 1:2 Larghezza del coronamento: min. 4 m Percorso sull'argine: strato superficiale di 5-10 cm, legato a calce o stabilizzato, a bassa permeabilità Filtro di drenaggio e fessure di scarico sul lato terra</p>	
Link per ulteriori informazioni sul progetto: www.vs.ch/rhone	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ aspetti ambientali ▪ vegetazione e copertura arborea ▪ sicurezza del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ dimensionamento dell'argine ▪ aspetti geotecnici ▪ esecuzione ▪ monitoraggio/documentazione
Descrizione:	
<p><i>Distribuzione granulometrica:</i> sedimenti alluvionali e ghiaia del Rodano <i>Proprietà di resistenza:</i> $j' = 35^\circ$ (contenuto di ghiaia < 30%), $c' = 0$, $\Psi = 0^\circ$ <i>Peso volumetrico:</i> $\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$ <i>Permeabilità:</i> $k_{\text{ghiaia}}: 1.10^{-3} \text{ m/s}$, $k_{\text{limo}}: 1.10^{-6} \text{ m/s}$, $k_{\text{argine}}: < 1.10^{-5} \text{ m/s}$ <i>Carichi:</i> sul coronamento dell'argine min. 10 kN/m^2 <i>Modulo ME:</i> M_{E1} (prima sollecitazione) min. 50.000 kN/m^2, M_{E2} (risollecitazione)/M_{E1} se $M_{E2} < 150.000 \text{ kN/m}^2 < 3.3$ <i>Sismicità:</i> secondo BWK II con fattore di importanza $g_f = 1.2$. Microzonazione secondo CREALP; spostamenti ammissibili $s_{zul} > 50 \text{ mm}$: $q = 2.0$; per portata media estiva <i>Concetto di copertura arborea:</i> sul lato acqua è previsto un ulteriore rilevato (al di fuori del nucleo geotecnico, come sovralarghezza). Alberi a radicazione profonda che interessano in modo significativo il nucleo geotecnico non sono ammessi. Le figure mostrano gli effetti nel tempo della vegetazione prevista. Sul lato terra, solo nella metà superiore, al di sopra di una possibile</p>	

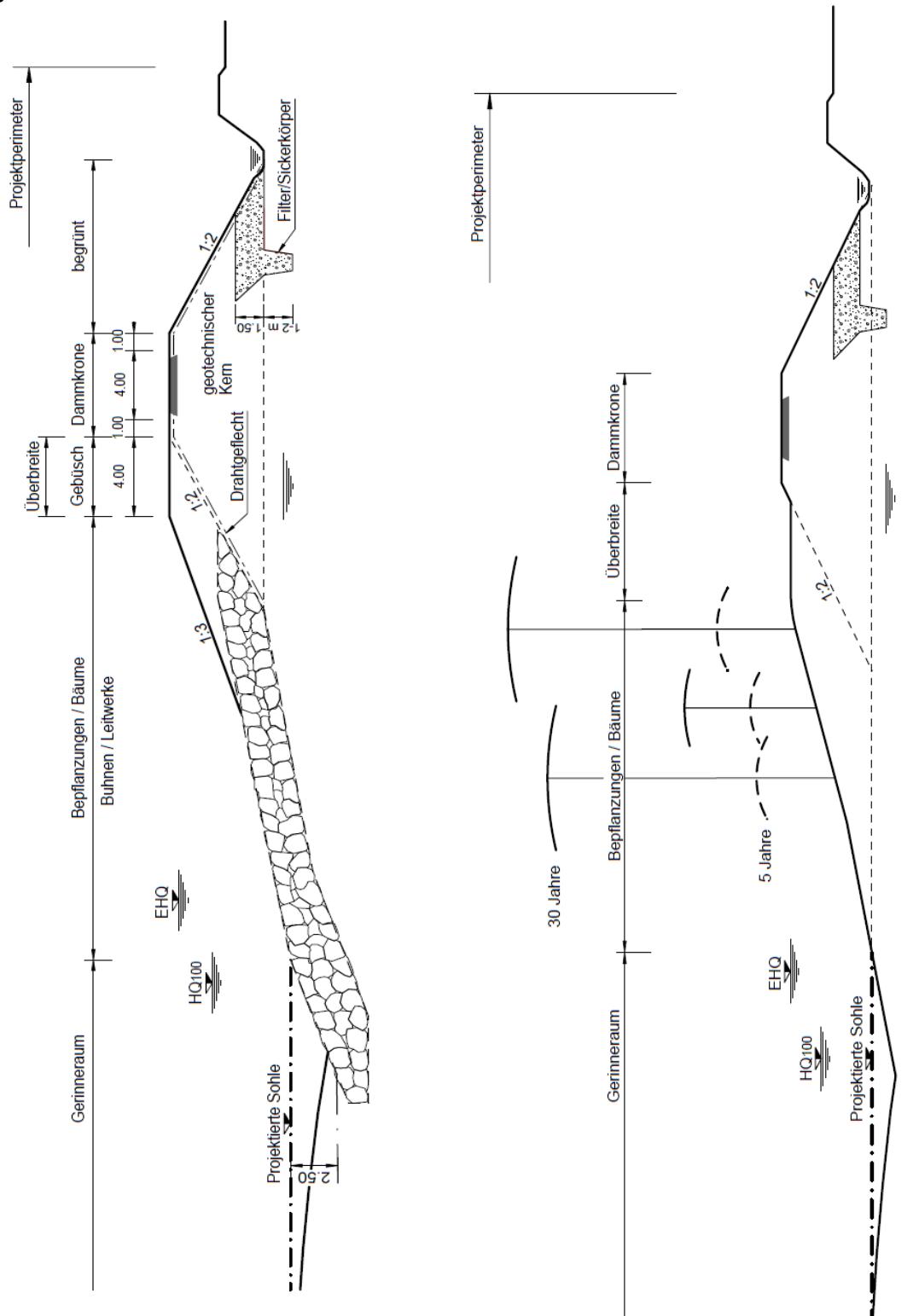
linea di infiltrazione, sono consentiti arbusti. La parte inferiore deve restare accessibile e visibile.

Animali selvatici: Rete metallica sopra il nucleo geotecnico

Condizioni di posa: il materiale utilizzato deve essere posato nel modo più omogeneo possibile (ghiaia / limo). In presenza di materiali differenti, deve essere garantita una buona miscelazione prima della posa. Documentazione del materiale posato: 3 curve granulometriche per km (piano di controllo).

Durante la costruzione dell'argine devono essere eseguite almeno 2 misurazioni dell' M_E per ogni metro di altezza dell'argine, circa ogni 100 m secondo il piano di controllo, con registrazione sul mezzo di compattazione. Lo spessore dello strato è di circa 0.3 m. La posa avviene con materiale a umidità naturale (w_{opt}) e viene costantemente controllata (attenzione al vento!). Le permeabilità (valori k) non vengono controllate in modo specifico.

Figure:



Geometria dell'argine

Concetto di copertura arborea



Protezione spondale

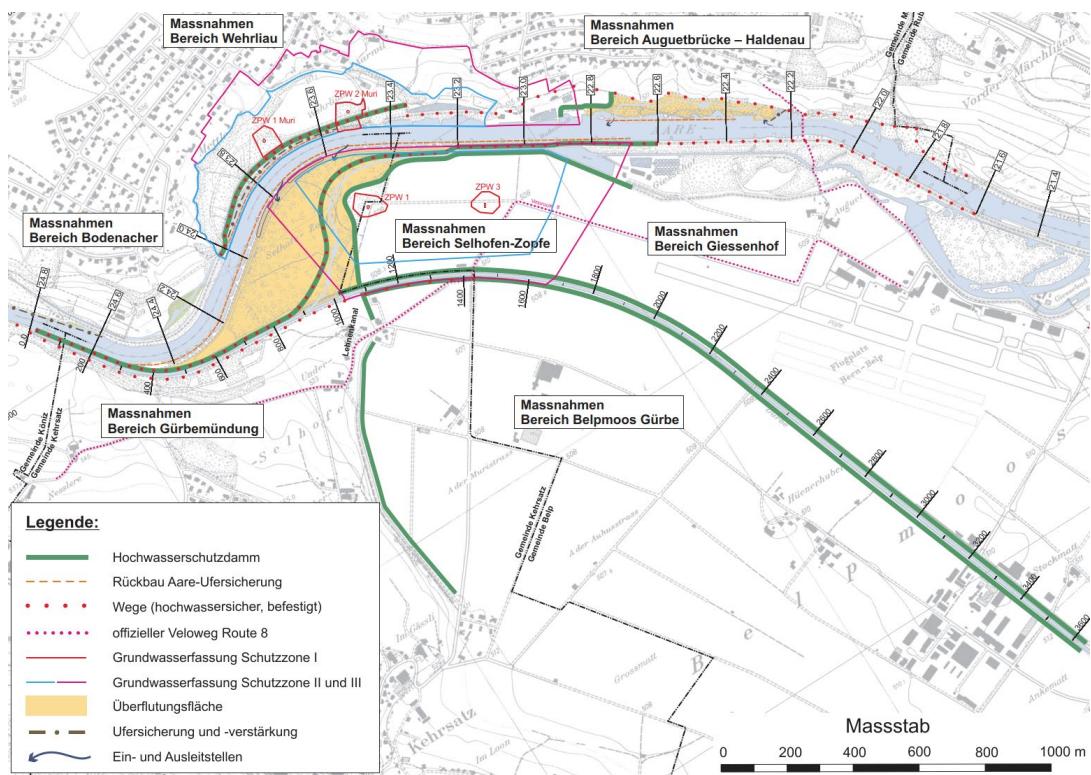


Costruzione dell'argine

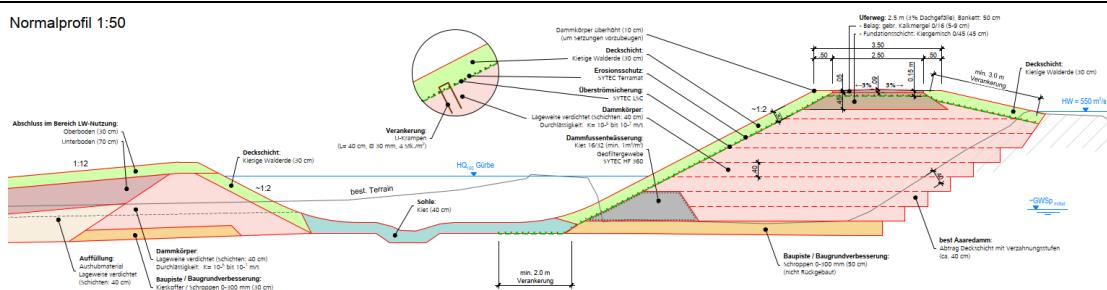
Progetto P5: Protezione contro le piene e rinaturazione alla confluenza Aare-Gürbe	Corsi d'acqua: Aare (da km 22.2 a 24.8) e Gürbe (da km 3.7 a 0.0)
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2002 - 2017
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di basi, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Berna
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: in genere circa 3 m (da 1 m a 3.5 m) Tipo di argine: di norma argini in terra omogenei con filtro al piede e sezioni di sfioro Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): da 1:2 a 1:10 (argini a pendenza dolce gestibili)	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Müller. M. et al (2016), "Modern flood protection and rehabilitation concepts at pre-alpine alluvial rivers", <i>Proc. Interpraevent 2016</i> , Lucerna, pp. 797-805 Aare - foce della Gürbe (Dipartimento costruzioni e trasporti del Cantone Berna)	
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ aspetti ambientali ▪ scenari di danno/meccanismi di rottura ▪ dimensionamento dell'argine ▪ aspetti geotecnici ▪ ponderazione degli interessi
Descrizione:	
<ul style="list-style-type: none"> • Progetto di protezione contro le piene e di rinaturazione dell'Aare e della Gürbe nella zona di Belpmoos, incluse le misure urgenti del 2005 • Ricollegamento dell'area golenale "Selhofen Zopfen" all'Aare mediante l'arretramento dell'argine di protezione contro le piene • Ponderazione degli interessi tra protezione delle zone golenali e utilizzo dell'acqua potabile • Risanamento e nuova costruzione di argini lungo l'Aare e la Gürbe (v. Figure) • Allargamento del fiume e addolcimento delle sponde dell'Aare, nuova protezione spondale (pennelli e opere spondali ondulate) • Riduzione delle sollecitazioni in esterno curva e miglioramento del deflusso in interno curva e nella zona golenale mediante pennelli di deviazione (riequilibrio del profilo di velocità dimostrato) • Riqualifica della Gürbe mediante l'allargamento e la strutturazione del corso d'acqua 	

- Gestione del sovraccarico (EHQ) tramite argini tracimabili, svuotamento del volume di ri-tenzione mediante organo di scarico e rete di drenaggio dei terreni
 - Deviazione e rinaturalizzazione del Giesse e del Lehnenkanal

Figure:



Situazione del progetto di protezione contro le piene e rivitalizzazione alla confluenza della Gürbe nell'Aare.



Profilo geotecnico tipo dell'argine principale dell'Aare in sponda sinistra con il Giesse come corso d'acqua ricettore.



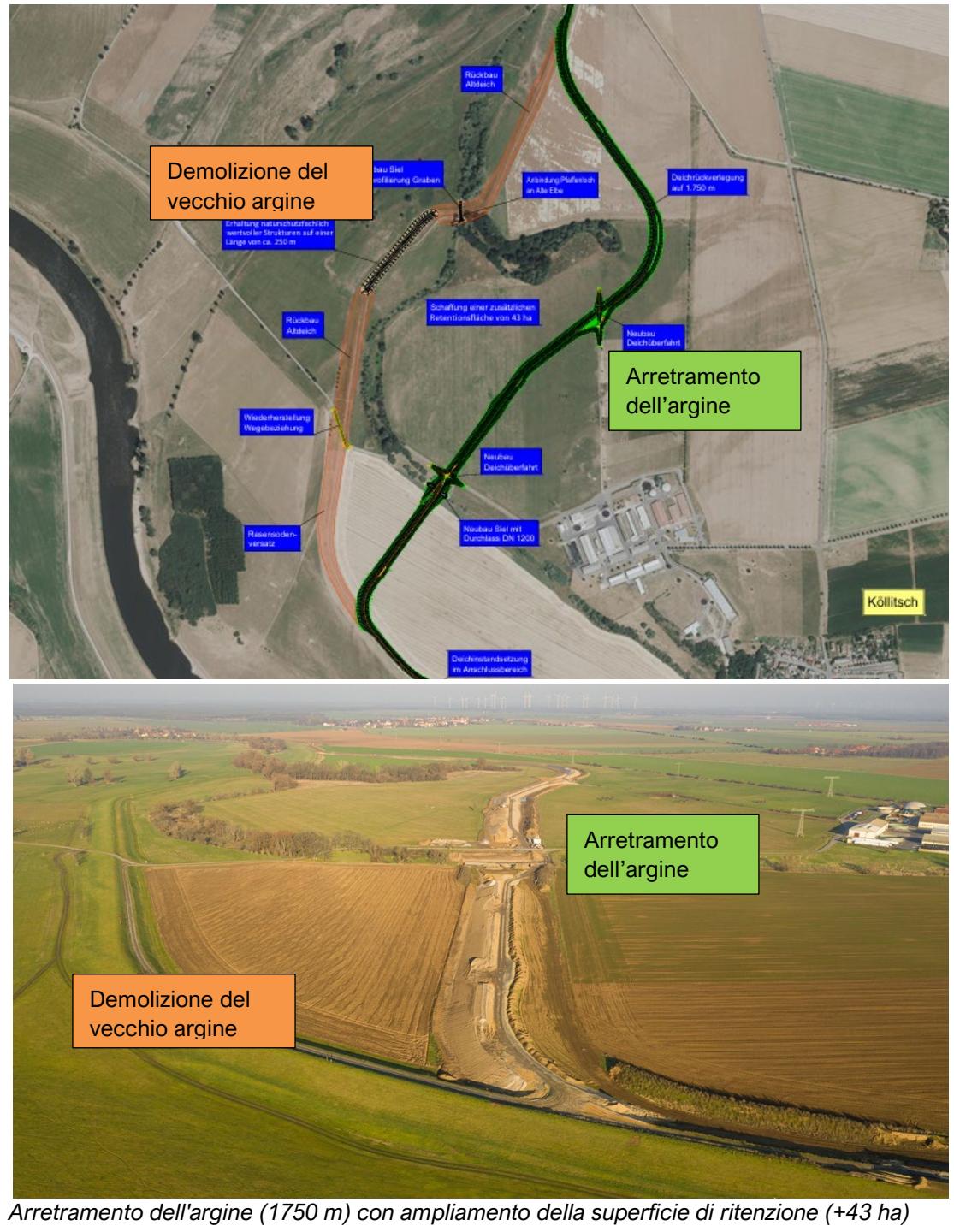
Profilo geotecnico tipo della Gürbe con argine a bassa pendenza in sponda destra e strutturazione del canale.

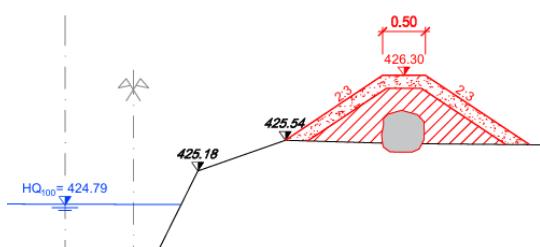


Costruzione dell'argine tra l'Aare (a sinistra) e la Giesse (a destra); vista verso monte.

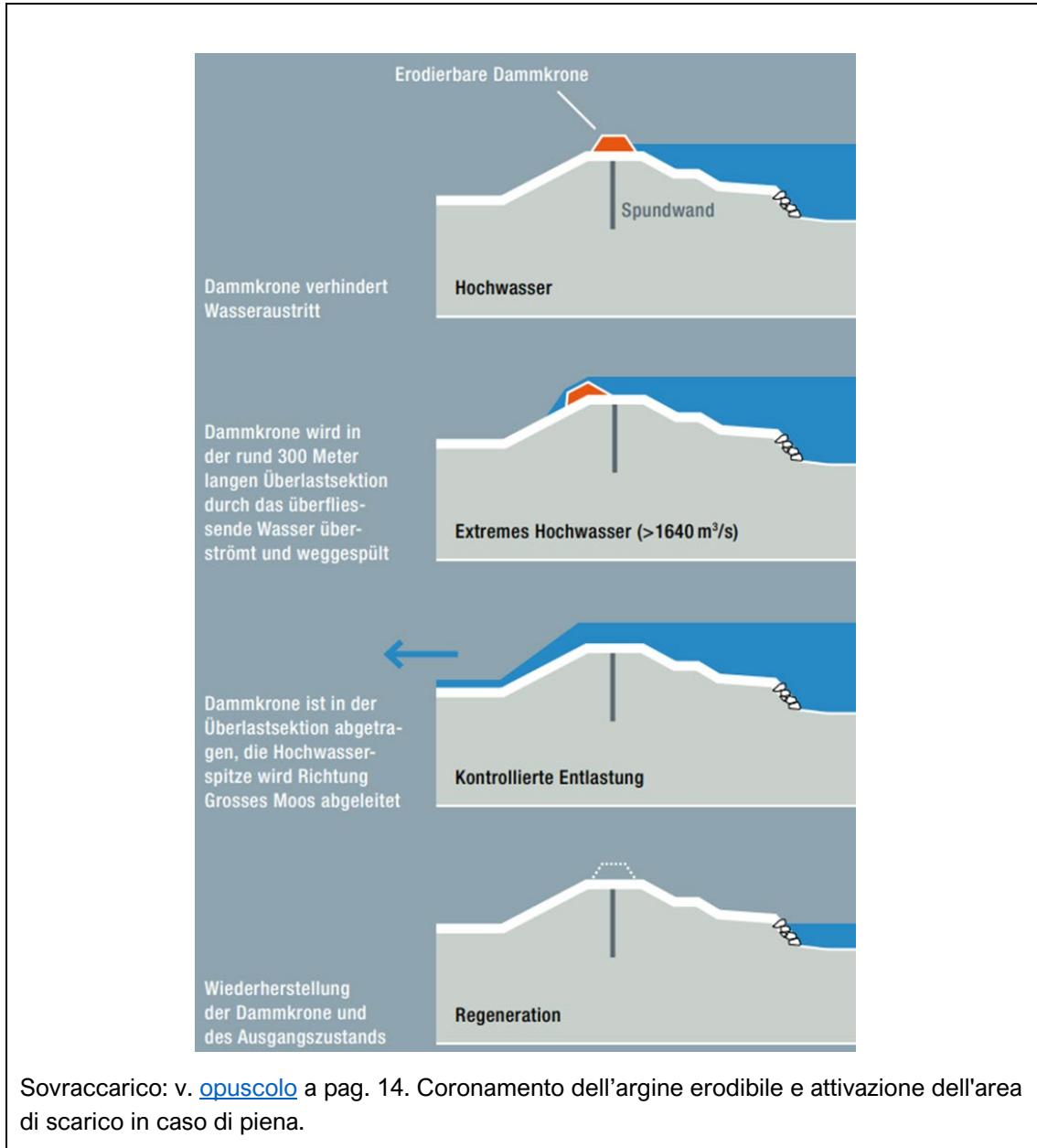
Progetto P6: Elba, Z 8.6 Arretramento dell'argine a Köllitsch	Corso d'acqua: Elba (D)
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2018
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Stato libero di Sassonia, D
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: da 4 a 5 m Tipo di argine: nuova costruzione come argine a 3 zone con berma filtrante Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 1:3 con larghezza del coronamento di 3 m	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ aspetti ambientali 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aspetti geotecnici ▪ sicurezza del sistema
Descrizione: <p>Gli argini longitudinali proteggono le infrastrutture retrostanti e la popolazione residente da una piena con tempo di ritorno di 100 anni HQ₁₀₀. L'argine è un'opera idraulica e non è destinato a un utilizzo turistico.</p> <p>In base ai risultati della modellazione idraulica è stato scelto un determinato tracciato arretrato, al fine di evitare condizioni di deflusso sfavorevoli e, al contempo, ottenere la massima superficie di ritenzione possibile.</p> <p>Gli argini longitudinali si trovano all'interno di una zona naturale protetta, il che comporta particolari requisiti di tutela ambientale per le misure costruttive. Con l'arretramento dell'argine si ottiene un ampliamento della superficie di ritenzione e una riattivazione della piana alluvionale dell'Elba. Durante la fase di pianificazione sono state elaborate diverse schede delle misure nell'ambito del piano di accompagnamento di tutela del paesaggio, al fine di ridurre o evitare l'impatto ambientale delle misure costruttive.</p> <p>Nell'ambito della verifica statica dell'argine configurato a 3 zone è stata dimostrata la sicurezza complessiva del sistema arginale. Gli aspetti geotecnici hanno avuto rilievo in relazione alle proprietà meccaniche dei materiali di costruzione impiegati nei diversi strati costruttivi.</p>	

Figure:



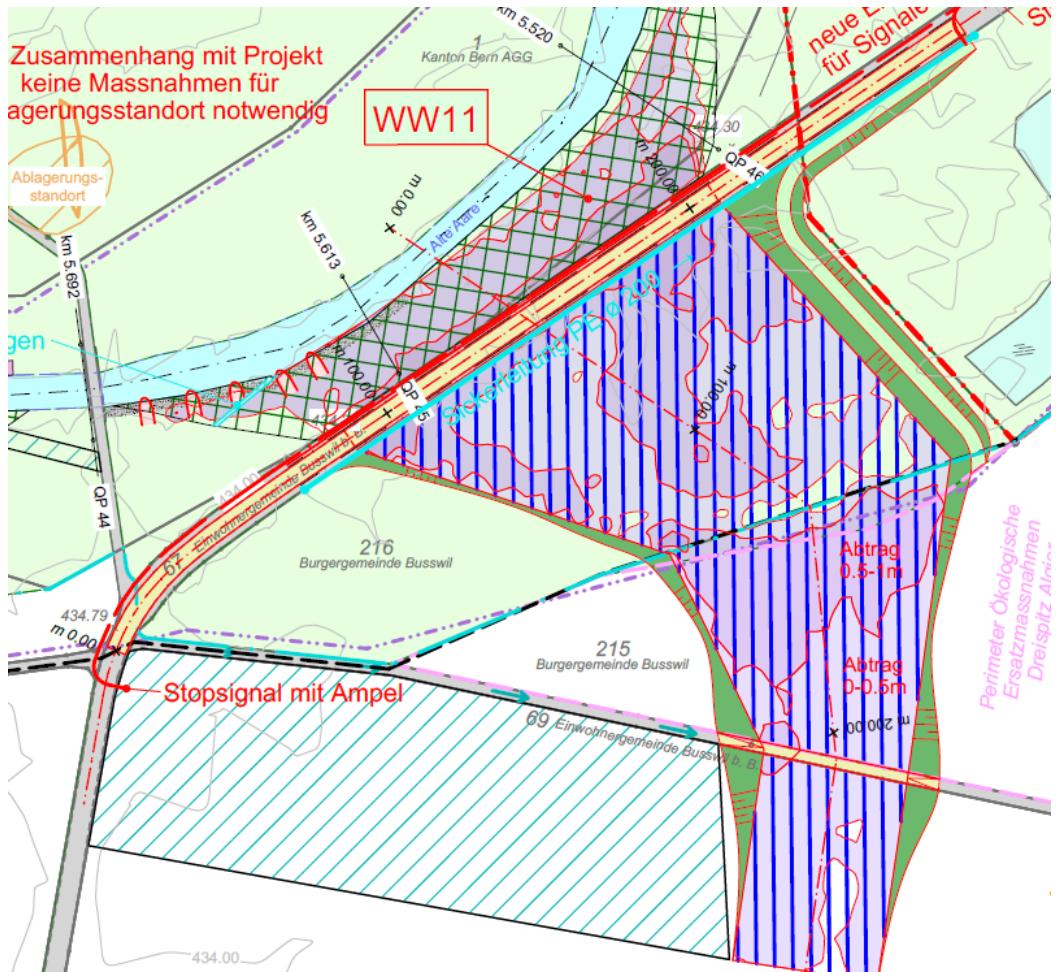
Progetto P7: Protezione contro le piene Krummbach	CORSO D'ACQUA: Krummbach
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2023
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	CANTONE: Argovia
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: da 0.5 m a 1 m Tipo di argine: a zone con nucleo in blocchi Pendenza della scarpata (lato acqua/lato terra): 2:3	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ vegetazione e copertura arborea 	
DESCRIZIONE: In passato, per i piccoli argini in terra omogenei situati in aree edificate si sono talvolta riscontrate esperienze negative riguardo alla loro durabilità. Si è quindi cercato un modo per renderli più stabili e per evitare rotture dell'argine causate dall'intervento umano (ad esempio per facilitare l'accesso all'acqua). Di conseguenza, per la protezione contro le piene del Krummbach è stato realizzato un argine con un nucleo in blocchi. In origine era previsto che il nucleo in blocchi dell'argine si estendesse fino al coronamento, ma questa soluzione è stata scartata per diversi motivi (costi, aspetti ecologici, manutenzione). Questa decisione ha anche ripercussioni sulla copertura arborea. In assenza di un nucleo in blocchi che raggiunga il coronamento dell'argine, non devono essere piantati alberi o arbusti sull'argine stesso.	FIGURE:  <i>Schizzo concettuale della struttura dell'argine</i>  <i>Vista dell'edificio completato</i>

Progetto P8: Canale di Hagneck	Corso d'acqua: Aare
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2004-2015
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Berna
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: fino a diversi metri Tipo di argine: argini esistenti eterogenei, ampliati sul lato terra Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 1:3	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Committente: Canton Berna, Ufficio Acqua e Rifiuti AWA Risanamento del canale di Hagneck Piattaforma di rinaturazione (plattform-renaturierung.ch)	
Punti chiave:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ casi di carico ▪ tutela pianificatoria 	
Descrizione:	
<p>Le aree di esondazione per lo scarico controllato sono state individuate e integrate negli strumenti di pianificazione territoriale (tra cui le carte dei pericoli naturali). Inoltre, i piani direttori dei Cantoni Berna e Friburgo tengono conto dell'area di esondazione dell'Aare-Canale di Hagneck (nel Canton Berna, misura R_11). In questo modo si garantiscono la tutela a lungo termine e la rilevanza nel coordinamento territoriale.</p>	
Figure:	
<p>Massnahme R_11: Rückseite Hochwasserentlastungsraum Aare-Hagneckkanal</p>	

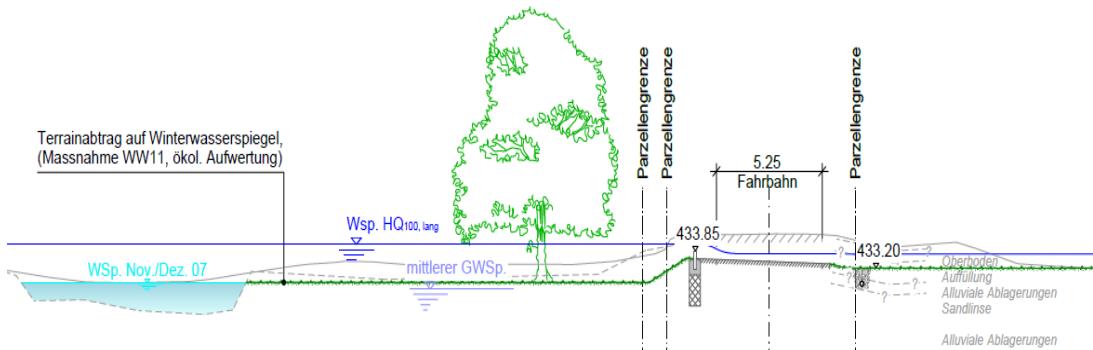


Progetto P9: Protezione contro le piene Vecchia Aare	Corso d'acqua: Vecchia Aare
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2010 - 2021
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Berna
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezze dell'argine: da 0.4 m a circa 3 m. Tipo di argine: omogeneo Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): variabile	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Committente: Wasserbauverband Alte Aare, Lyss	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ vegetazione e copertura arborea ▪ dimensionamento dell'argine 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ intervento
Descrizione:	
<p>Il corso della Vecchia Aare è stato adeguato alla protezione contro le piene tra Lyss e Büren an der Aare. Fanno parte del sistema di protezione, tra l'altro, anche gli argini.</p> <p>Struttura dell'argine: Gli argini esistenti, realizzati nell'ambito di un precedente progetto di protezione contro le piene degli anni Settanta e risultati correttamente posizionati, sono stati verificati in merito alla loro funzionalità (incluso Q_{dim}) e, ove necessario, completati (rinforzati o rialzati). In parte, gli argini sono stati anche ricostruiti ex novo.</p> <p>Copertura arborea: Alcuni argini si trovano all'interno di aree boschive. L'andamento preciso del margine del bosco ha dovuto essere concordato.</p> <p>Intervento: In caso di eventi superiori a Q_{dim}, è previsto che il picco di piena defluisca in un punto definito. A tale scopo, un argine con strada è stato abbassato e creato un corridoio di scarico, delimitato da argini guida. In caso di evento, la strada deve essere chiusa al traffico.</p>	

Figure:



Rappresentazione dell'area di scarico (situazione) in corrispondenza di un esterno curve della Vecchia Aare.



Sezione trasversale attraverso l'argine (con strada), nel punto in cui l'acqua può defluire in modo controllato.

Progetto P10: Protezione contro le piene Linth 2000	Corso d'acqua: Linth (canale di Escher e canale della Linth)
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2003 - 2014
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input checked="" type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input checked="" type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantoni: San Gallo, Glarona, Svitto, Zurigo
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: da 2 m a 5 m Tipo di argine: generalmente zonata, risanamento dell'argine con filtro di carico o sostituzione del materiale Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): Nuovo: generalmente filtro di carico con pendenza 2:5 e berma centrale, nei tratti più stretti sostituzione del materiale con pendenza 2:3 e, localmente, muro di sostegno	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
www.linthwerk.ch / Linthwerk - Prima ristrutturazione completa Das Linthwerk (2013). Projekt Hochwasserschutz Linth 2000. Proc. Symp. HSR, 6./7. Juni 2013	
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ raccolta dei dati di base ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ aspetti ambientali ▪ convenzione d'utilizzo ▪ vegetazione e copertura arborea ▪ casi di carico ▪ sicurezza del sistema ▪ scenari di danno/meccanismi di rottura ▪ dimensionamento degli argini ▪ aspetti geotecnici ▪ appalto ▪ esecuzione ▪ manutenzione ▪ monitoraggio/documentazione ▪ intervento
Descrizione:	
<ul style="list-style-type: none"> • Risanamento generale e riqualifica ambientale dell'opera della Linth, composta dal canale di Escher (da Mollis al Lago di Walenstadt) e dal canale della Linth (dal Lago di Walenstadt al Lago di Zurigo), nonché dai canali di drenaggio secondari per lo smaltimento delle acque dei bacini intermedi. Lunghezza del corso d'acqua principale: 23,5 km • Risanamento e nuova costruzione di argini per una lunghezza complessiva di circa 14 km (metodo: v. sopra) • Realizzazione di ampi allargamenti sui canali principali e secondari • Rimodellamento e messa in sicurezza delle sponde (sponde a debole pendenza, pennelli). 	

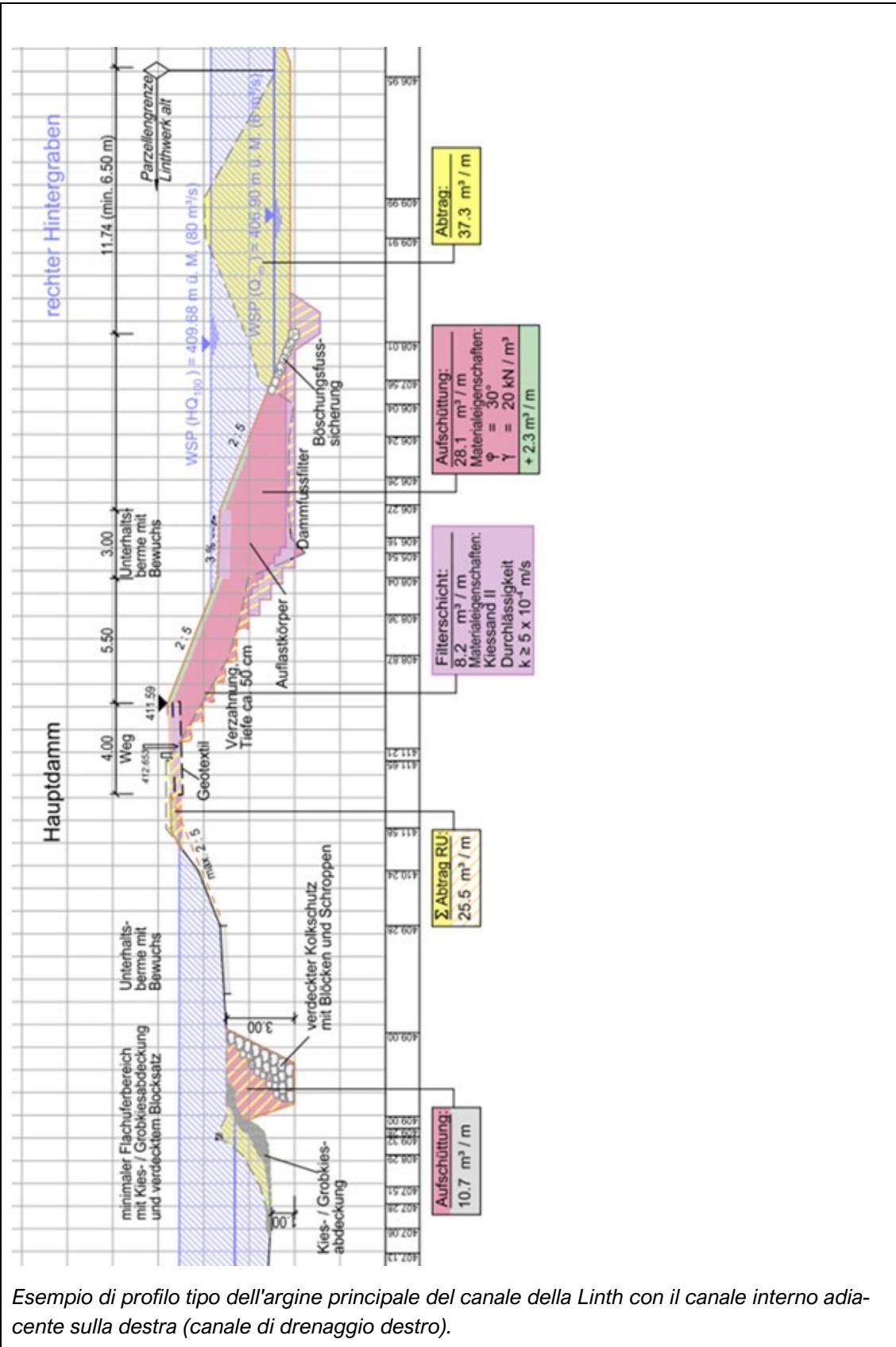
Figure:

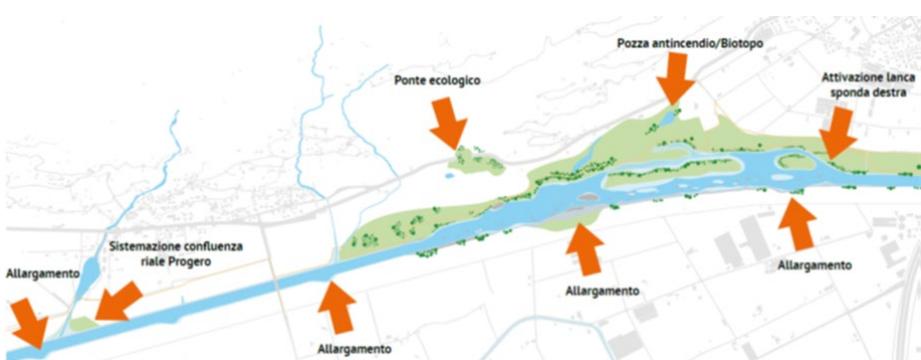


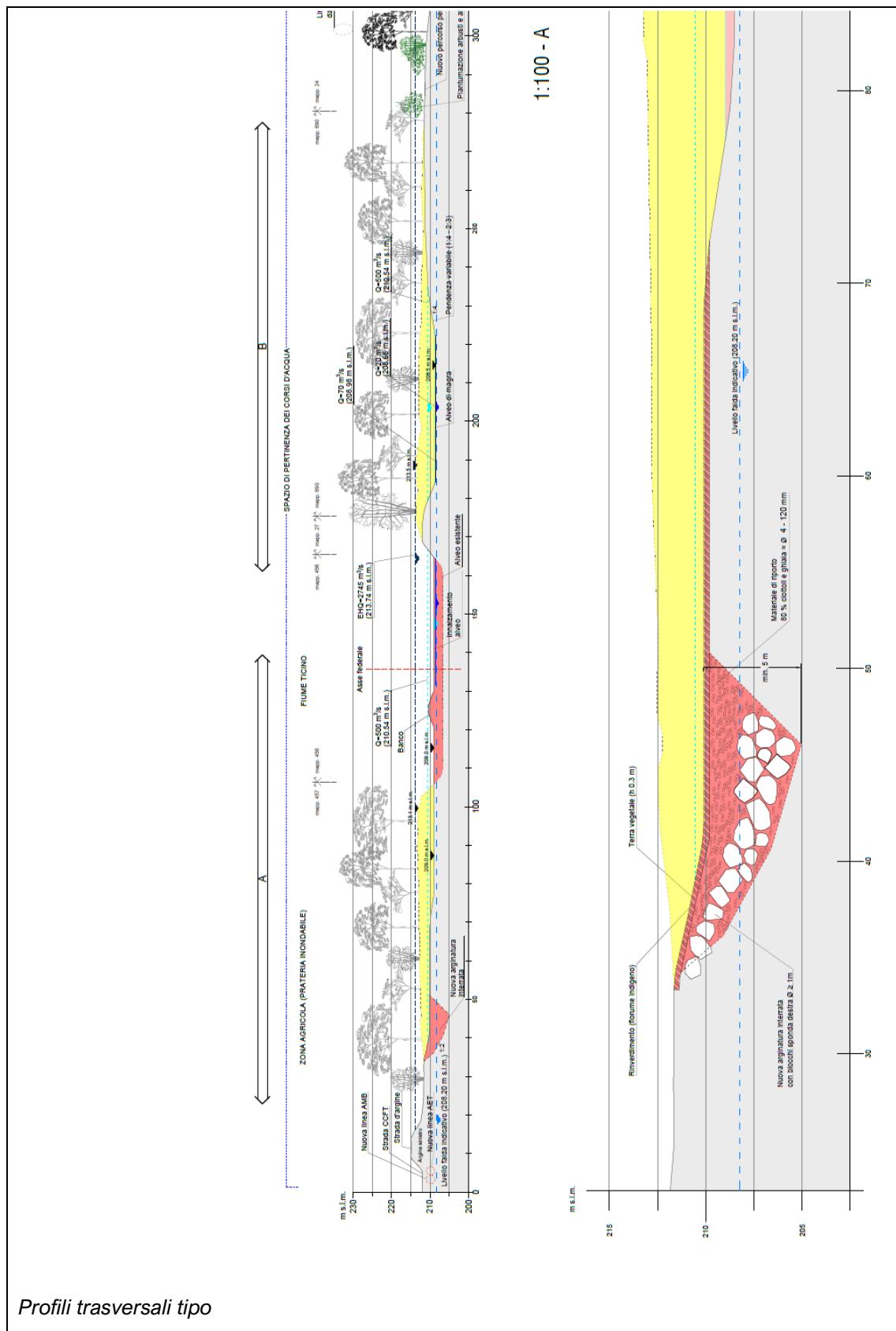
Situazione schematica delle misure del canale della Linth.



Immagine aerea del risanamento del canale della Linth



Progetto P11: Parco fluviale Boschetti-Saleffi, Bellinzona		Corso d'acqua: Ticino		
Esempio sulla fase di progetto:		Anno: 2014-2030		
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento		Cantone: Ticino		
Caratteristiche degli argini longitudinali:				
Altezza dell'argine: da 5 m a 7 m Tipo di argine: omogeneo/zonata, sponde inattive Pendenza delle scarpate: - Argine esterno, sponda sinistra, esistente, lato acqua e lato terra: da 2:3 a 1:1 - Argine interno, sponda interna, destra e sinistra, con nuovi allargamenti: da 1:10 a 2:3				
Link a ulteriori informazioni sul progetto:				
www.ilmiofiume.ch ; tratta pilota Torretta già realizzata!				
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aspetti ambientali ▪ vegetazione e copertura arborea 			
Descrizione:				
La dinamica naturale del fiume è favorita da: <ul style="list-style-type: none"> • argine esterno esistente in sponda destra • ampio allargamento con nuovo ramo in sponda destra (da 50 m a 250 m) • nuova linea di sponda interna con ampliamento in sponda sinistra • sponde inattive sulle aree di allargamento (sponda destra e sinistra) 				
Figure:				
 <p><i>Planimetria generale degli interventi</i></p>				



Profilo trasversale tipo

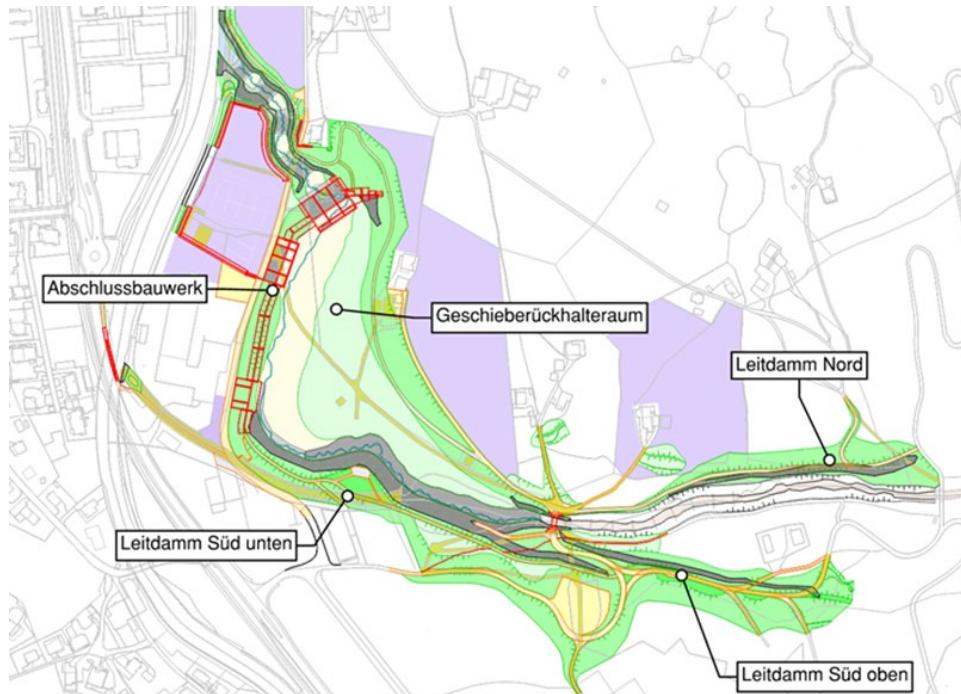
Progetto P12: Protezione contro le piene Buoholzbach (torrente, camera di ritenzione del materiale)	Corso d'acqua: Buoholzbach
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2023
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Nidvaldo
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
<p><i>Argine guida sud inferiore:</i></p> <p>Altezza degli argini: fino a 13 m</p> <p>Tipo di argine: materiale di riempimento ghiaioso (proveniente dallo scavo) con elevata capacità portante e basso contenuto di parte fine; rimozione dei grandi blocchi provenienti dallo scavo; rinforzo con geogriglie Sytec LS 80 PET con distanza tra gli strati di 1.20 m; lato terra: riporto di terreno vegetale proveniente da area boscata; lato fiume: impermeabilizzazione con tappeti bentonitici (a quota WSP SHQ).</p> <p>Protezione contro l'erosione: scogliera in massi di circa 2–3 t ciascuno ricoperta con materiale di scavo disponibile in situ; costruzione dell'argine per fasi, posa a strati con compattazione accurata e interconnessione con il sottosuolo esistente.</p> <p>Pendenza delle scarpate (lato fiume/lato terra): 1:2 – 2:3 / 1:2 – 2:3</p> <p><i>Argine guida sud superiore:</i></p> <p>Tipo di argine: materiale di riempimento ghiaioso (proveniente dallo scavo) con elevata capacità portante e basso contenuto di parte fine; rimozione dei grandi blocchi provenienti dallo scavo; lato fiume e lato terra: riporto di terreno vegetale proveniente da area boscata.</p> <p>Protezione contro l'erosione: scogliera in massi di circa 1–3 t ciascuno ricoperta con materiale di scavo disponibile in situ.</p> <p>Pendenza delle scarpate (lato fiume/lato terra): 1:3 / 1:4</p>	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
www.buoholzbach.ch	
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vegetazione e copertura arborea ▪ casi di carico ▪ dimensionamento degli argini ▪ Aspetti geotecnici
Descrizione:	
<p>A causa del notevole apporto di materiale solido proveniente dal Buoholzbach nell'Engelbergeraa esiste un elevato rischio di esondazione dell'Engelberger Aa in direzione di Stans. La</p>	

capacità di trasporto del materiale solido dell'Engelbergeraa è, anche in caso di piena, insufficiente per trasportare le portate solide provenienti dal Buoholzbach. Con la realizzazione di un nuovo bacino di ritenuta di materiale solido a monte della confluenza con l'Engelberger Aa si riduce in modo significativo tale apporto. Il volume di ritenuta necessario viene ottenuto mediante ampi abbassamenti del terreno, nuove strutture in calcestruzzo armato prevalentemente ricoperte e argini laterali situati a monte dell'area industriale di Hofwald. Gli argini laterali non svolgono soltanto una funzione di ritenuta, ma anche di direzionamento del deflusso.

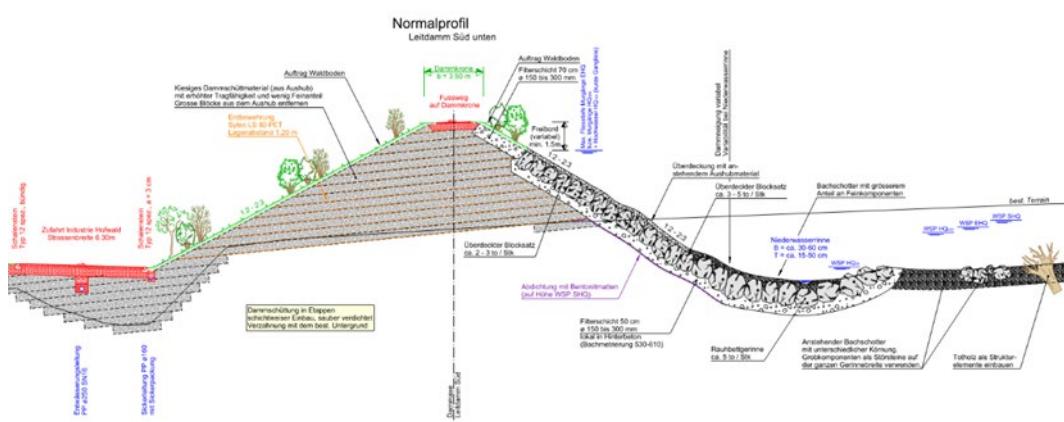
Nuovo argine guida sud:

- Nuovo argine lungo circa 600 m, realizzato con materiale di riempimento idoneo proveniente dallo scavo del bacino di ritenuta di materiale solido
- Rialzo del terreno esistente di 4–8 m (fino a 13 m all'interno dell'attuale bacino di ritenuta di materiale solido)
- Il coronamento dell'argine presenta una larghezza minima di 3.5 m. A valle del ponte Buoholz corre sul coronamento un sentiero pedonale percorribile dai veicoli di manutenzione; l'accesso all'argine è previsto tramite scala
- A monte del ponte Buoholz, sul coronamento dell'argine corre prevalentemente la nuova strada Wandfluhstrasse, motivo per cui in questa tratta il coronamento è generalmente più ampio
- Le pendenze delle scarpate sono variabili e comprese tra 1:8 e 2:3
- Lato fiume, l'argine è protetto contro l'erosione mediante scogliera con strato filtrante. Le scogliere sono ricoperte e tengono conto delle quote corrispondenti alle colate detritiche attese (EHQ) e delle profondità di deflusso massime relative a un evento di colata detritica con periodo di ritorno di 300 anni, nonché a un successivo evento di piena HQ₁₀₀
- Localmente, nella zona d'invaso, è necessario un rinforzo del terreno con geogriglie disposte a intervalli di 1.20 m per garantire la stabilità dell'argine. Il rinforzo è previsto su tutta la larghezza dell'argine
- Nel tratto inferiore (circa 100 m), dove può formarsi un lago temporaneo, le infiltrazioni vengono impeditte mediante tappeti bentonitici
- Le scarpate dell'argine sono piantumate a gruppi sopra le scogliere; lato terra, le superfici sono rimboschite in modo esteso.

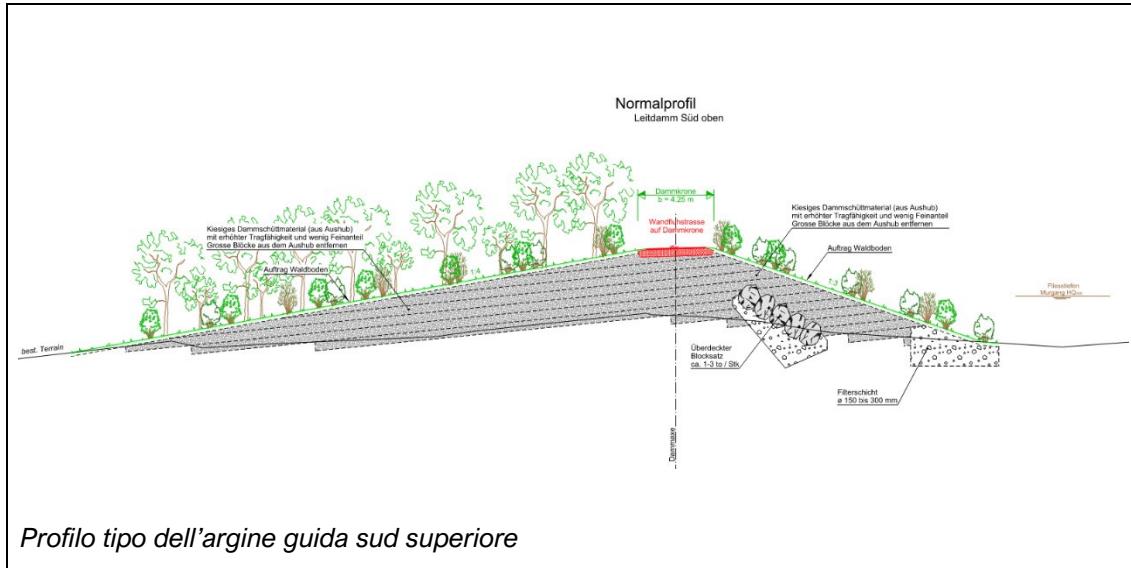
Figure:



Situazione bacino di ritenuta del materiale solido con argine guida sud inferiore e superiore.

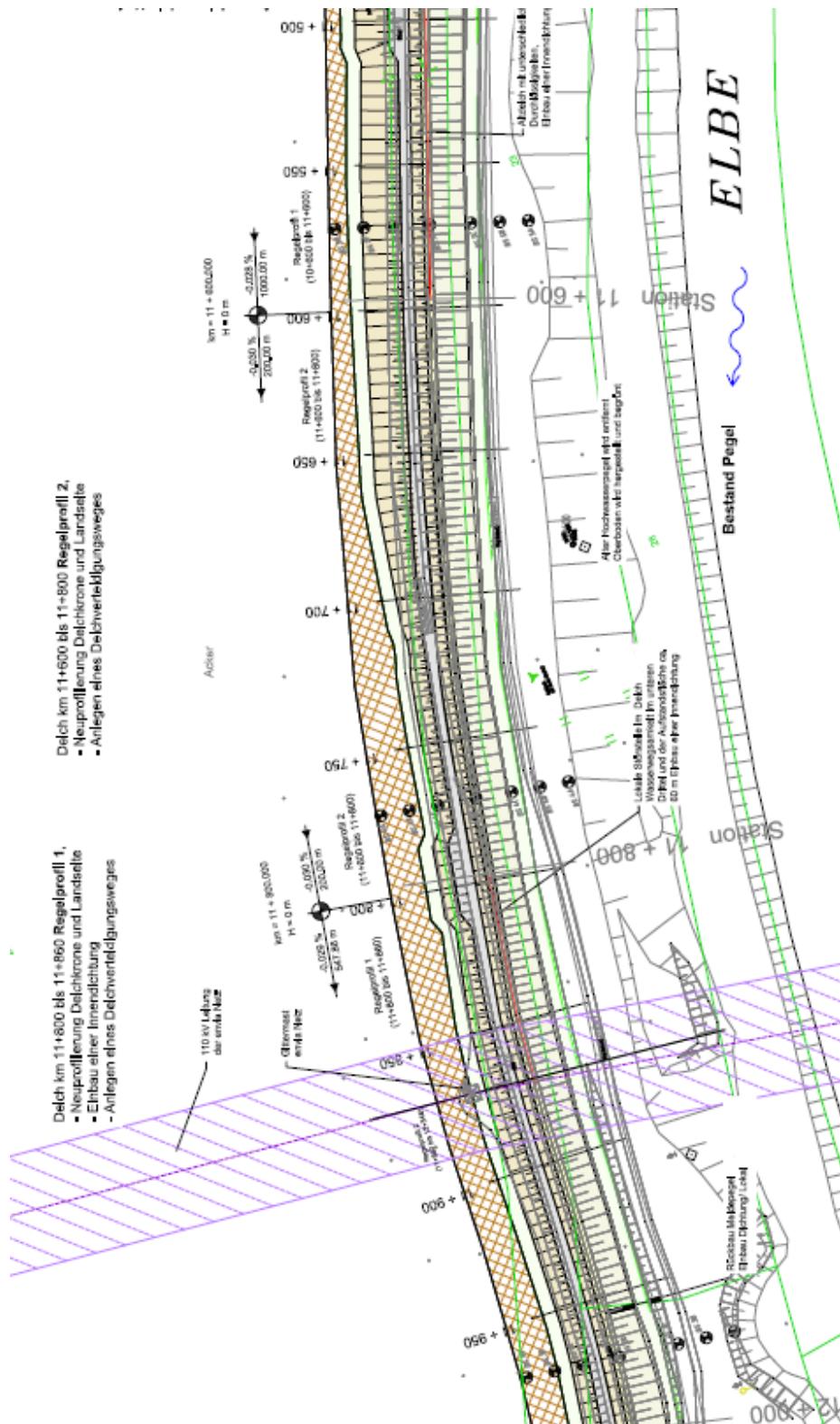


Profilo tipo dell'argine guida sud inferiore



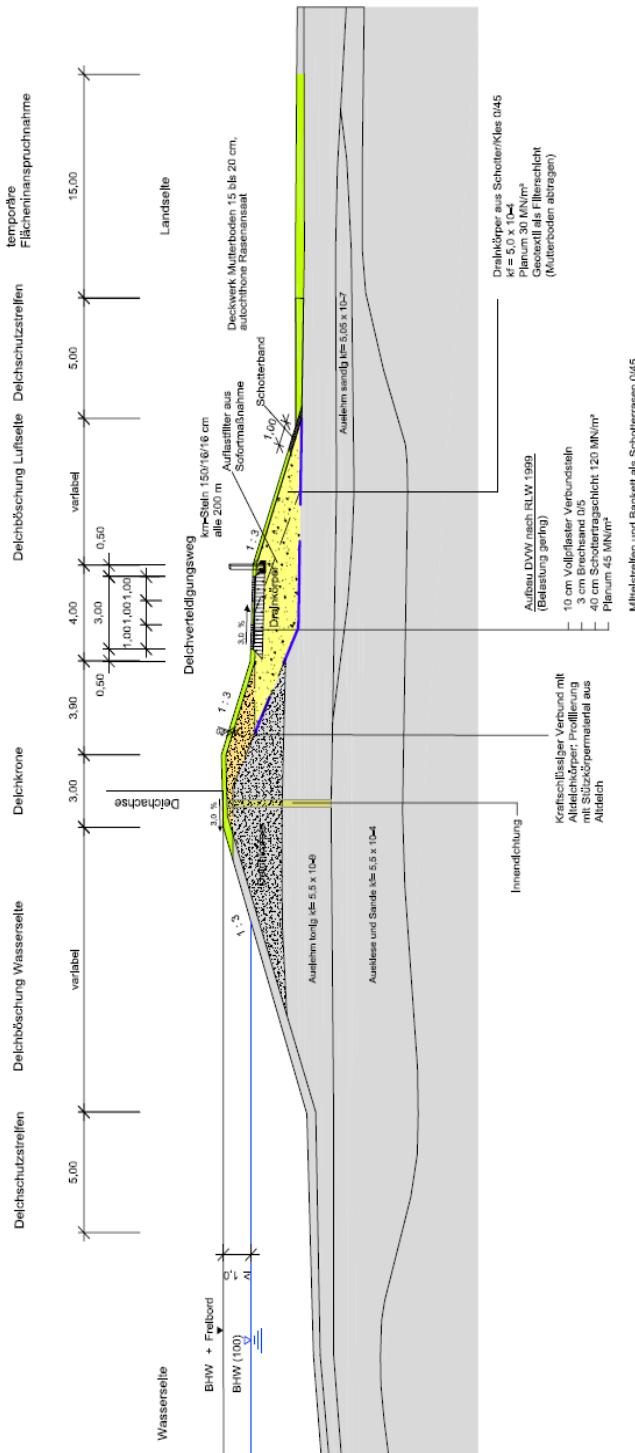
Progetto P13: Elba, Z 8.5 Risanamento strutturale degli argini longitudinali	Corso d'acqua: Elba
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2018
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input checked="" type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Paese: Stato libero di Sassonia, D
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: da 4 m a 5 m Tipo di argine: risanamento mediante inserimento di palancole portanti Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 1:3 con larghezza del coronamento di 3 m	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ approcci risolutivi/studio delle varianti ▪ sicurezza del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aspetti geotecnici ▪ esecuzione ▪ aspetti ambientali
Descrizione:	
<p>La misura di costruzione dell'argine protegge le infrastrutture retrostanti e la popolazione residente da un evento di piena con tempo di ritorno di 100 anni (HQ_{100}). L'argine è un'opera idraulica e non è destinato a uso turistico.</p> <p>In accordo con l'autorità per la protezione della natura, per ridurre al minimo gli interventi sulle pregiate aree prative, sono state installate palancole come parete impermeabile interna.</p> <p>L'intervento di costruzione dell'argine si trova all'interno di una riserva naturale designata, per cui sono stati imposti requisiti specifici in materia di tutela ambientale. Durante la fase di pianificazione sono state elaborate diverse schede delle misure nell'ambito del piano di accompagnamento di tutela del paesaggio, al fine di ridurre o evitare gli impatti ambientali delle misure costruttive.</p> <p>Nell'ambito del dimensionamento statico relativo alla parete impermeabile interna, è stata verificata la sicurezza del sistema dell'argine. Gli aspetti geotecnici hanno avuto rilievo in relazione all'idoneità all'infissione del terreno.</p> <p>Installazione della parete impermeabile interna con palancole lunghe fino a 15 m lungo un tracciato di 1.5 km e realizzazione di una pista di servizio per la sorveglianza dell'argine sul lato terra.</p>	

Figure:



Regelprofil 1: Innendichtung
Neubau KM 10+600 bis 11+600
Neubau KM 11+800 bis 11+860

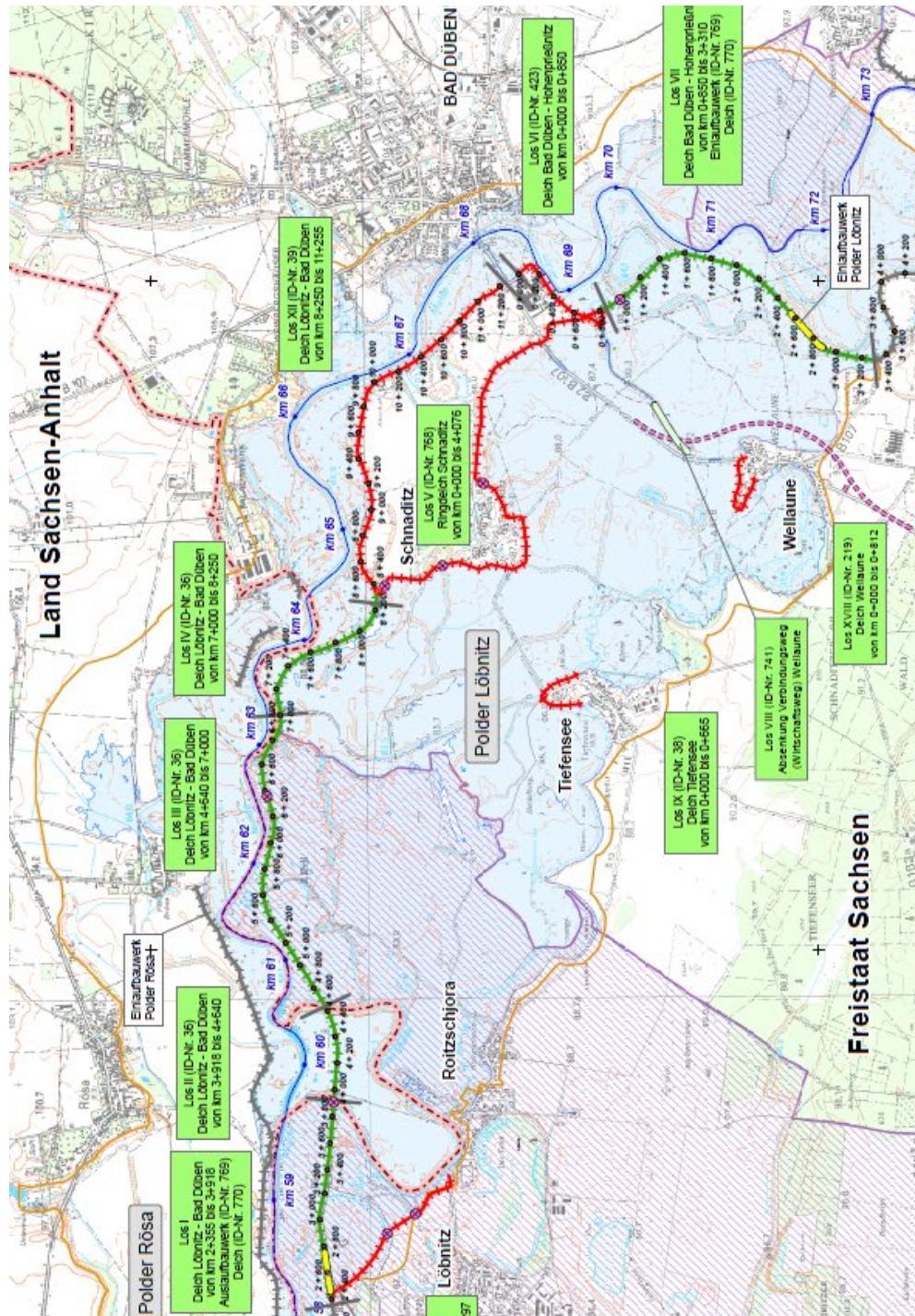
M 1:100



Profilo trasversale

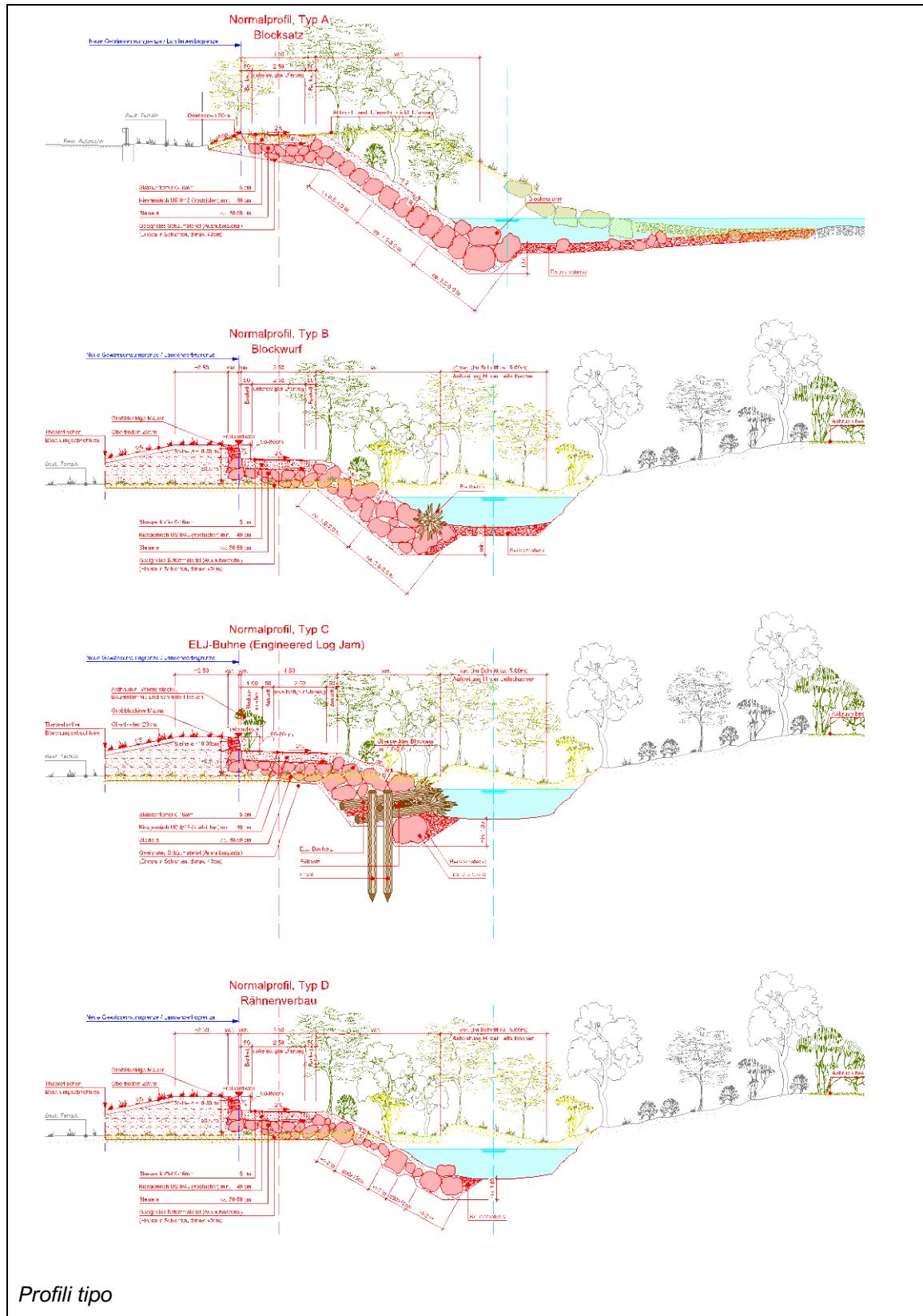
Progetto P14: Spazio di ritenzione controllato Polder Löbnitz	Corso d'acqua: Vereinigte Mulde
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: in costruzione dal 2011
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input checked="" type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input checked="" type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Paese: Stato libero di Sassonia (D)
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
<p>Altezza dell'argine: da circa 1 m a circa 4 m</p> <p>Lunghezza dell'argine: circa 11.5 km (argini urbani) circa 9.2 km (argini esterni dei polder)</p> <p>Tipo di argine: diverse configurazioni costruttive, in parte con palancolata come parete impermeabile (in parte portante)</p> <p>Pendenza delle sponde (lato acqua/lato terra):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1:3/ 1:3, larghezza del coronamento 3 m - nelle tratte di tracimazione 1:3 / 1:8, larghezza del coronamento 3 m 	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
www.polder-loebnitz.de	
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ aspetti ambientali ▪ convenzione d'utilizzo ▪ sicurezza del sistema ▪ manutenzione
Descrizione:	
<p>Il progetto si trova in un contesto di elevato pregio e sensibilità sia dal punto di vista ecologico sia da quello giuridico in materia di protezione della natura. L'area è inoltre caratterizzata da terreni agricoli molto fertili. Il bene da proteggere "essere umano" è prioritario, sia in relazione alle quattro località da proteggere a livello locale, sia per la presenza di interessi turistici (pista ciclabile della Mulde) e per l'effetto di protezione sovraregionale fino a Bitterfeld-Wolfen.</p> <p>Di fondamentale importanza non è soltanto la sicurezza funzionale dei singoli componenti, come gli argini urbani e le due opere regolabili (opera di immissione e opera di emissione), ma anche l'interazione tecnica tra di essi e le necessarie misure di preparazione per la gestione operativa (piena della Vereinigte Mulde superiore a HQ25, in riferimento al piano di protezione contro le piene della Mulde [2004], pari a 1'100 m³/s). In tale contesto sono particolarmente rilevanti l'evacuazione dell'area di polder e la chiusura di strade e percorsi. Ciò richiede la collaborazione tra più Comuni, il circondario del Nordsachsen e l'Ente turistico regionale della Sassonia.</p>	

Figure:



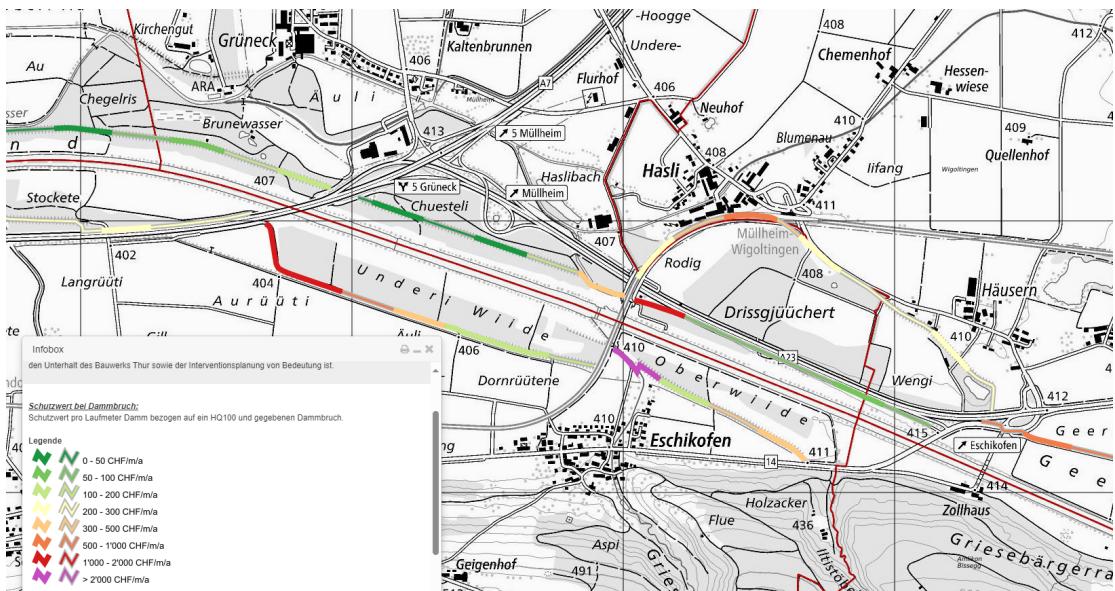
Planimetria generale: linea verde – argine esterno del polder (HQ25, Vereinigte Mulde); linea rossa – argine urbano (HQ₁₀₀, Vereinigte Mulde).

Progetto P15: Allargamento della Reuss Hinter Leitschach, Erstfeld UR	Corso d'acqua: Reuss
Esempio sulla fase di progetto:	Anno: 2023 / 2024
<input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input checked="" type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio e intervento	Cantone: Uri
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: circa 7 m Tipo di argine: omogeneo Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 1:2 / 1:5	
Link a ulteriori informazioni sul progetto:	
Committente: Amt für Tiefbau, Uri https://www.ur.ch/dienstleistungen/8458	
Punti chiave:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aspetti ambientali ▪ vegetazione e copertura arborea ▪ esecuzione ▪ strutturazione
Descrizione:	
Diverse configurazioni di protezione dell'argine (scogliera, gettata in massi sciolti, palificate, strutture in legno tipo <i>engineered log jams</i> ELJ), ricoperte con materiale sciolto, piantumata e dotata di elementi di strutturazione (cumuli di massi/rami, ceppaie).	
Figure:	
	
<i>Scogliera e elementi di strutturazione</i>	



Progetto P16: Manutenzione degli argini di protezione contro le piene basata sul rischio	Corso d'acqua: Thur (tratta Turgovia)
Esempio sulla fase di progetto: <input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi e definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio, intervento	Anno: 2023
	Cantone: Turgovia
Caratteristiche degli argini longitudinali: Altezza dell'argine: da 1.0 m a 5.8 m Tipo di argine: materiale sconosciuto; sabbioso-limoso, in parte con ghiaia --> materiale per lo più non idoneo! Pendenza delle scarpate (lato acqua/lato terra): 39%-57% / 46%-61%	
Link a ulteriori informazioni sul progetto: Notfallplanung gravitativer Naturgefahren, Leitfaden für Gemeinden und Fachbüros, 16.08.2019 Notfallplanung gravitativer Naturgefahren, Umsetzung Notfallplanung; 16.02.2025.	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ obiettivi di protezione e utilizzo ▪ vegetazione e copertura arborea 	
Descrizione: Prioritizzazione, basata sul rischio, del piano di manutenzione sezione per sezione: Manutenzione strutturale: <ul style="list-style-type: none"> • manutenzione della strada sul coronamento • rimozione dei rifugi e delle tane degli animali nel corpo dell'argine • ripristino della geometria del coronamento Manutenzione operativa: <ul style="list-style-type: none"> • Gestione della vegetazione in accordo con il servizio forestale e con le autorità per la protezione della natura e delle aree golenali: <ul style="list-style-type: none"> ○ mantenimento della visibilità per le ispezioni ○ preferenza per specie con radici fittonanti ○ in caso di cadute a causa del vento: ad eccezione delle querce, non sono ammessi alberi con un diametro superiore a 30 cm. • Conservazione di un manto erboso continuo (se possibile, nonostante la vicinanza al limite del bosco) Pianificazione dell'intervento: <ul style="list-style-type: none"> • monitoraggio sezione per sezione in caso di piena • pianificazione degli interventi in collaborazione con i corpi pompieri comunali 	

Figure:



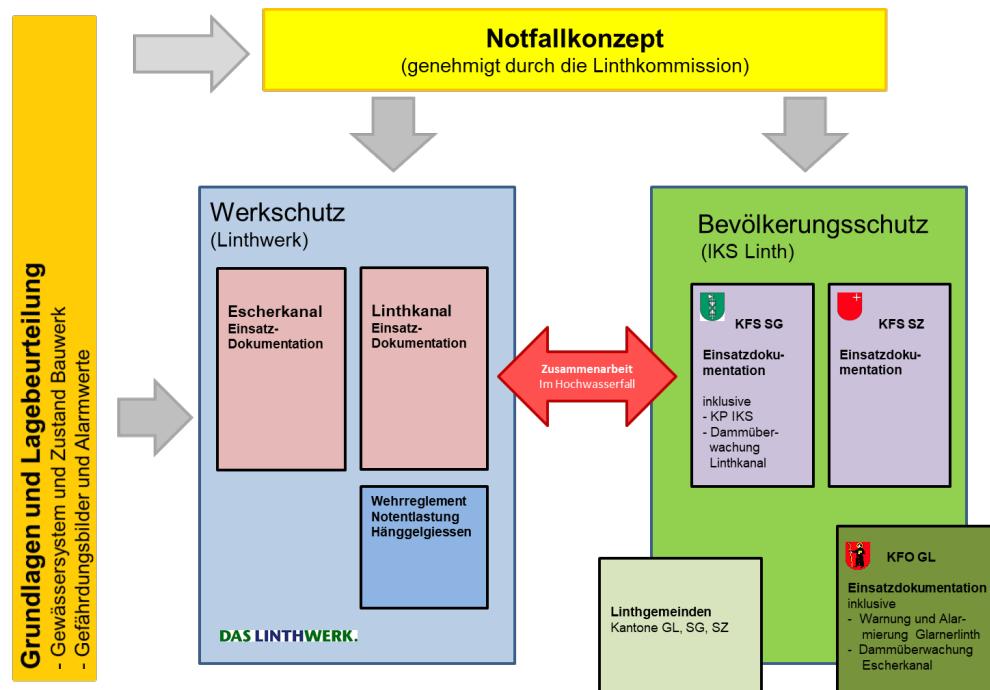
Piano di manutenzione



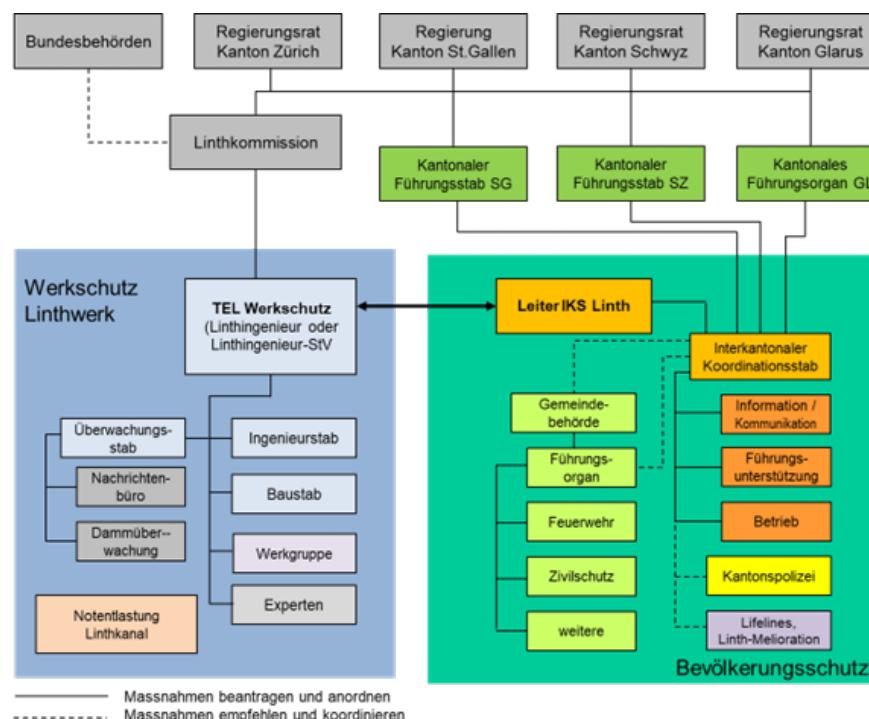
Progetto P17: Piano di emergenza e di intervento in caso di evento	Corso d'acqua: Linth (canale di Escher e canale della Linth)
Esempio sulla fase die progetto <input type="checkbox"/> Fase (I), dati di base, analisi, definizione dei bisogni <input type="checkbox"/> Fase (II), concetto e fattibilità <input type="checkbox"/> Fase (III), pianificazione e autorizzazione <input type="checkbox"/> Fase (IV), approvvigionamento e realizzazione, messa in esercizio <input checked="" type="checkbox"/> Fase (V), esercizio, manutenzione, monitoraggio, intervento	Anno: 2023
	Cantoni: San Gallo, Glarona, Svitto, Zurigo
Caratteristiche degli argini longitudinali:	
Altezza dell'argine: da 2 m a 5 m	
Link a ulteriori informazioni sul progetto: www.linthwerk.ch Notfallplanung Linthwerk – Notfallkonzept 2024, 07.12.2023 Einsatzdokumentation Linthkanal, April 2020	
Punti chiave: <ul style="list-style-type: none"> ▪ monitoraggio/documentazione ▪ intervento 	
Descrizione: <i>Aspetti costruttivi dell'opera della Linth</i> La sicurezza contro le piene dell'opera della Linth è garantita principalmente dagli argini longitudinali nelle seguenti tratte: <ul style="list-style-type: none"> • Canale di Escher > sull'intera lunghezza (circa 6 km) • Canale della Linth > tra il Rotebrücke e il Lago di Zurigo (circa 11 km) 	
<i>Struttura del piano di emergenza dell'opera della Linth</i> Il piano di emergenza dell'opera della Linth è composto da quattro sezioni: <ul style="list-style-type: none"> • concetto di emergenza (come documento quadro) • protezione dell'opera (con documentazione operativa per il canale di Escher e il canale della Linth) • protezione della popolazione (con documentazione operativa per ciascun Stato maggiore cantonale di condotta) • basi e valutazione della situazione 	
L'opera della Linth garantisce la protezione contro le piene nella piana della Linth. La Commissione della Linth è l'organo supremo dell'opera e corrisponde al consiglio di amministrazione. Essa ha il compito, in caso di pericolo imminente, di adottare tutte le misure necessarie per ridurre al minimo i danni. In caso di evento, la Commissione della Linth può impartire or-	

dini diretti sia al servizio di protezione dell'opera sia allo Stato maggiore di coordinamento intercantonale, nella misura in cui le situazioni di pericolo siano connesse con l'opera stessa.

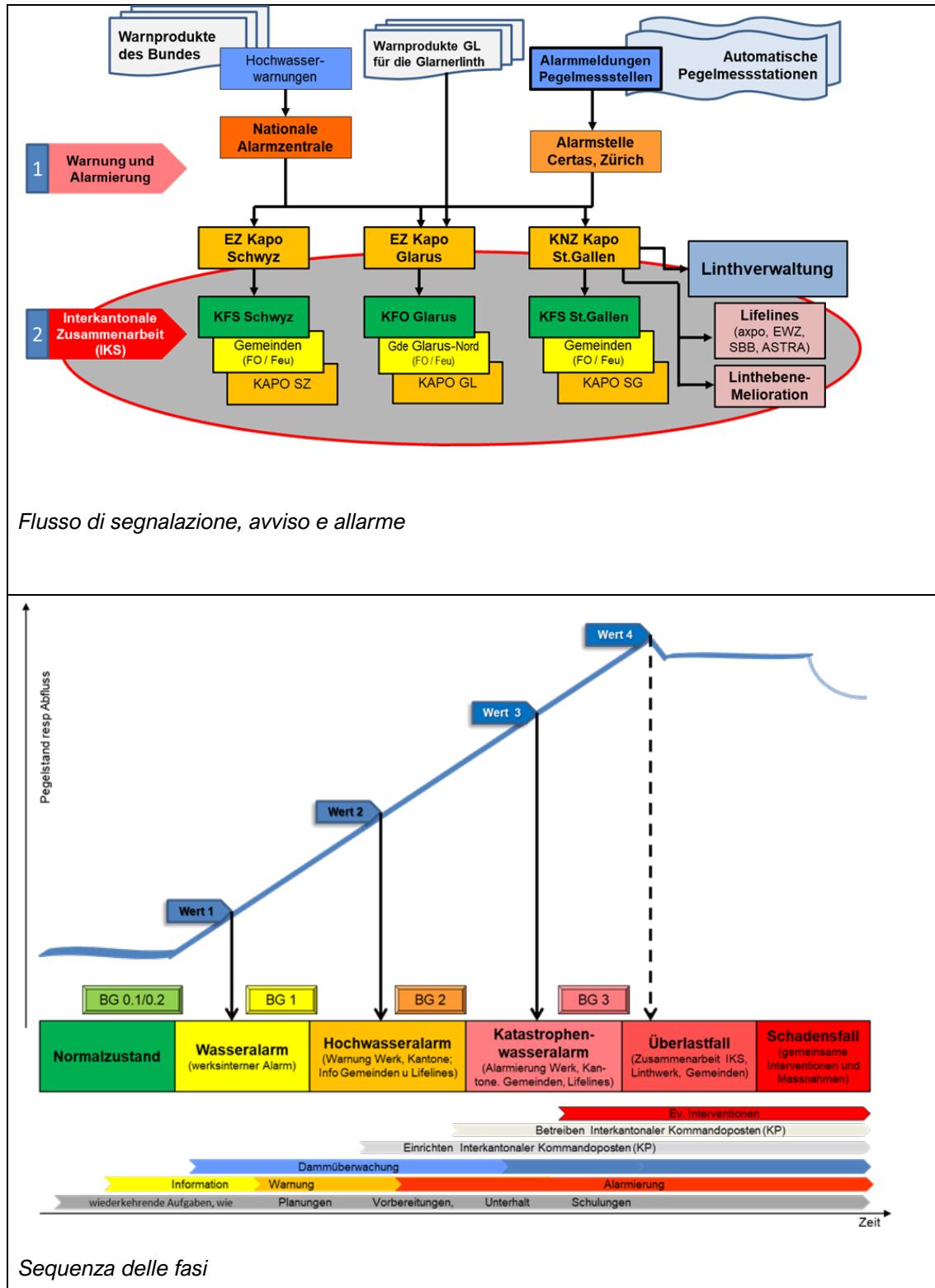
Figure:

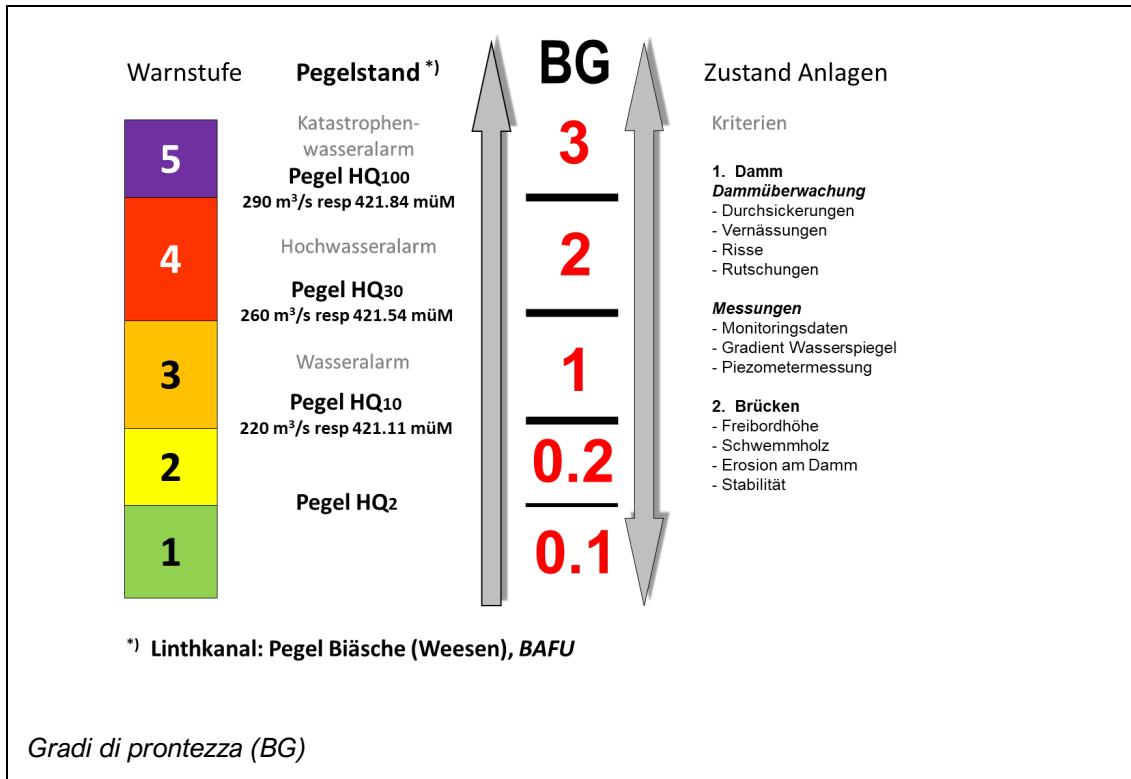


Piano di emergenza dell'opera della Linth



Organigramma (collaborazione nell'ambito del piano di emergenza dell'opera della Linth)





13 Allegato B: Ulteriore letteratura di riferimento

Internationale Literaturrecherche
Alphabetische Liste der Fichen und Zuordnung zu den Kriterien

X: Thema wird angesprochen
XX: Themenhauptpunkt

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Grundanforderungen Bauwerk	Randbedingungen von Natur und Landschaft	Design der Schutzbauwerke	Bautechnische Randbedingung	Kosten und Wirtschaftlichkeit	Zuständigkeit	Betrieb, Überwachung, Erhaltung
ABG	Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken	NL	Richtlinie	Grasvegetation auf Dämmen		X	XX			XX	
ARI	Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection	F	Lehrfaden, Buch	Umfassender Lehrfaden für Risikoanalysen an HWS	X	X	X	X	X	X	
BFE Klasse 3	Publicationen zu Staumauern, namentlich der Kollekte sur les digues marines et fluviales de protection contre les inondations	CH	Richtlinie	Richtlinien, Weiglungen, Hilfsmittel rund um Staumauern (Staumauerdamme)	X	X	X	X	X	X	
CDF	Chanel Stability Assessment for Flood Control Projects	F	Tagungspublication	Viele Erfahrungsberichte an französischen Dämmen. Themenbereich weit abgedeckt.	X	X	X	X	X	X	
CSA	Marktstand DIN/VAM 507-1; Deiche an Fließgewässern	D	Lehrfaden	Allgemeine Regelwerk über HWS an Flüssen	X	XX	X	X	XX	X	
DDF	Überstrombare Dämme, Dammcharakter und Flussdeiche	D	Tagungspublication	Empfehlungen/Bemessungsgrundlagen für überstrombare Dämme (v.a. bei HRB)	X				XX	X	
DEC	Arrêté n° 2015-520, règles de la Sécurité des ouvrages hydrauliques	F	Gesetzeswerk	Gezielte Basis in Frankreich für Wasserbauwerke	X				X	X	
DEF	Digues de protection et systèmes d'enrguement	F	Tagungspublication	Allgemeine Klassifikation von HWS-Dämmen. Ein Damm ist kein natürlicher Fließbett	X		X	X			
DET	Detection of animal burrows by remote sensing and geophysical techniques	I	Forschungspublikation	Erkundung von Makroporen und Wühltrümmern		X		X			XX
DEV	Les séismes sur digues fluviales	F	Lehrbuch	Hochwasserentlastungen als Sicherheitsventile oder zum H-W-Rückhalt	X	XX	X	X			X
DGL	Design Guidance on Levees	USA	Richtlinie	Vorgeba von Werten für die Sicherheitsfaktoren gegen Überschwemmung von Längsdämmen.					XX		
DQH	Deichquerschnitte Hochwasserschutzdämme	A	Lehrfaden	Allgemeiner Überblick über alle technischen Themen. Kurzgegrifflich mit Staudämmen	X	X	X	X	X		X
DSD	Design of Small Dams	USA	Richtlinie	US-Regelwerk zu Staudammbauten	X	X	X	X	X		X
EDE	Massnahmen zur Erhöhung von Flussdeichen	D	Tagungspublication	Umfassender Überblick über Deichsanierungen		X		X	X		XX
EDH	Erodierender Damm Hagneckkanal	CH	Studie	Erodierender Dammablauf zur Kontrolle des Überströmflusses, Modellversuche	XX		X	X			
ELB	Entwicklung landschaftsverträglicher Bauweisen für überstrombare Dämme	D	Dissertation	Bauwesen Überstromschutz, Mastenschotter verliert.	X	X			XX	X	
EUC	Levees and Flood Defences Characteristics, Risks and Governance (EUCLD)	Europa, USA	Documentation int. Arbeitsgruppe	Ergebnissammlung aus elf Ländern	X	X	X	X	X		XX
FBD	Coupled Hydro-Mechanical Analysis of pre-Traffic and Failure Behaviour of a Dyke on Soil Subsoil	NL	Tagungspublication	11-Feldversuch eines Dammbuchs auf Torfuntergrund	X				XX	X	
FCC	Hydraulic Design of Flood Control Channels	USA	Lehrfaden	Hydraulische Berechnungsgrundlagen und Standardsicherheitsachweise nach Eurocode 7 mittels Berechnung FEM	X				XX		
FEM	Nachweise zur Standsicherheit von Dammabschüttungen	D	Forschungspublikation						XX		

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Grundanforderungen von Natur und Landschaft Bauteile und Ressourcen	Design der Schutzbauwerke	Bauökologische Randbedingungen von Natur und Landschaft	Kosten und Wirtschaftlichkeit	Zuständigkeit	Betrieb, Überwachung, Erhaltung
MDI	BAW Merkblatt - Dammspekulation	D	Merkblatt	Versagen von Dammbauten verhindern	X X	X	X	X	X	X
MHD	Modellversuch zur Untersteigung von Hochwasserschutzbauten	A	Masterarbeit	Haarmassstablicher Modellversuch zur Untersteigung, Kontaktersion und Fugenerosion in nicht toxischen und toxischen Böden				XX	XX	
MMB	BAW Merkblatt - Materialtransport im Boden	D	Merkblatt					XX	XX	
MSD	BAW Merkblatt - Standardsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen	D	Merkblatt	Bewuchs	X	X	X	X		X
NLD	National Levee Database monitoring, vulnerability assessment and management	I	Fachartikel	Entwicklung einer italienischen Levee Datenbank (INLED)						XX X
NWW	Waternet (Wassergesetz)	NL	Gesetzeswerk	Recht der HWS, insbesondere die Schutzbauwerke i. Ordnung	X	X		X X		XX
OBI	Cadre réglementaire, Outrages de protection, Décret «digile»	F	Tagungspublication	Erläuterungen zum décret «digile» (Dokument EECI), Organisation HWS in Frankreich					XX X	
OGT	Oesterreichische Geotechniktagung	A	Tagungspublication	Geokunststoffe, Filterkernein, Versagensmechanismen, etc.				X X		
OIT	Handleitlinie entwerpen mit overstromungsans	NL	Leitfaden	Anleitung für den Entwurf der Schutzbauwerke 1. Ordnung.	X		X X			
PFD	Probabilistic flood defence assessment tools	NL	Tagungspublication	Zusammenfassung von Dokument RFD	X	X	X X			
PRH	Plan Rhône, bassin Rhône Méditerranée (Projekt, Fluss)	F	Projektschreib	Übergeordnetes Projekt ab Genfersee bis Meer, inkl. Sache, Zahlreiche Teilprojekte.	X	X	X X	X X	X X	X X
PWS	PLANAT – Wirkung von Schutzmaßnahmen, Teil F: Flüsse	CH	Vollzugshilfe	Wirkung, Gefährdungsbilder usw. eines Versatzsicherung (ml. Damm)	X		X	X		
RAL	The risk analysis of levee systems	Europa	Tagungspublication	Risikanalyse an eingedammten Flüssen	X	X	X X			
REM	Réalisation des remblais et des couches de forme	F	Handbuch	Material und Einbau von Schüttungen und Tagsschichten				X X		
RFD	Implementing risk based flood defence standards	NL	Standardschrift	Beschreibung des seit 2014 neu organisierten HWS in NL	X	X	X X	X X	X X	
RFW	Retaining and Flood Walls	USA	Leitfaden	HWS-Mauern aus Beton etc.	X		X X			
RID	Risk-informed Decision-Making for the Safety of Dams and Levees	Welt	Handbuch	ICOLD-Bulletin 180: current state-of-practice. Noch nicht verfügbarer print.	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
RSS	Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques	F	Vollzugshilfe	Sicherheit von Dämmen bezügl/or Erdbeben.			X X			
RTD	Référence technique Océanes maritimes et fluviales	F	Handbuch	Umfassendes Handbuch zu HWS-Dämmen	X		X X			
RTS	Cause del collasso dell'argine del fiume Socchia	I	Ergebnisanalyse	Detaillierte Analyse eines Dammbrochenereignisses	X			X X		X
SED	Earth Dikes under Influence of Precipitation and Vegetation	D	Dissertation	Einfluss Regen und Vegetation, Kohäsion durch Wurzeln		X	X X			
SIA	Tragwerksnormen 260, 261 und 267	CH	Normenwerk	Projektierung von Tragwerken allgemein und geotechnischen Bauwerken im Speziellen	X		X XX			
SLS	Slope Stability	USA	Leitfaden	Allgemein Böschungsstabilität und Erstdämmen			X X			
SMD	Surveillance, Maintenance and Diagnosis of Flood Protection Dyles	F	Handbuch	Fräischandbuch für Besitzer und Betreiber von Längsdämmen		X X	X X	X X	X X	X

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Randbedingungen von Natur und Landschaft		Design der Schutzbauwerke	Bautechnische Randbedingung, Wirtschaftlichkeit	Zuständigkeit	Betrieb, Überwachung, Erhaltung
					Grundanforderungen Bauwerk	Bemerkungen				
SRA	US best practices in dam and levee safety risk analysis	USA	Tagungspublication	Umfangreiche Dokumentation v.a. zur Staumauer Sicherheit	X				X	X
TLW	Tech-Levee-Watch: geophysical system for stability assessment of levees	I	Forschungspublikation	Beispiel einer permanenten geoelektrischen Dammlöscherkennung		X				XX
TRK	Technisch rapport klei voor dijken	NL	Leitfaden	Gebräuch von lehmigem Material in HWS-Dämmen			X	X	X	
UHD	Unterstromung von Hochwasserschutzbäumen	A	Masterarbeit	Kleinmaßstäblicher Modellversuch zur Unterstromung			X	X		X
ULD	Urban Levee Design Criteria	USA	Leitfaden	Bau und Unterhalt von HWS-Dämmen im urbanen Raum	X	X	X	X	X	X
VAW	VAW-Mittelungen 218/236 und 241, betreffend Dammbrüche	CH	Forschungspublikation	Untersuchung Deichbruch und Breschenbildung an phys. und num. Modellen	X		X	X		
VSH	Verdichtungsgeologie zur Sanierung von Hochwasserschutzbäumen	A	Forschungspublikation	Verdichtungsmethoden mit spezieller Tiefenwirkung			X	X		
WBI	Publizische Regelung veiligkeit primare waterkeringen	NL	Leitfaden	Detaillierte Vorschr. wie die HWS-Bauwerke l. Ordnung überwacht & überprüft werden.	X	X				
WHG	Wasserhaushaltsgesetz des Bundes	D	Gesetzeswerk	Abschnitt 6 ab Art. 72: HWS, V.a. im Überschwemmungsgebiet	X					
WIK	Hydrauliques, unité de recherche Ouragans	F	Internetseite (Wissensplattform)	Wissensvermittlung in Bezug auf hydraulische Bauwerke	X	X	X	X	X	X
WRD	Water Resources Reform and Development Act Public Law 113-121	USA	Gesetzeswerk	Regelt den HWS in den USA			X		X	X
ZDB	Zustandsmonitoring von Dammbauwerken	A	Leitfaden	Anleitung für Prüfung Funktionsfähigkeit und für Monitoringsysteme			X	X	X	X

- ABG Unie van Waterschappen und Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. 1992 *Aanleg en beheer va grasland op rivierdijken*. Paesi Bassi: Unie van Waterschappen e Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Direttiva.
- ARI, Bruno Beullac Irstea, Ur Recover, Aix-En-Provence, e Rémy Tourment. 2019. *Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection, Application aux études de danger*. Francia: Éditions Lavoisier (nuova JLE). Libro. <https://www.lavoisier.fr/livre/sciences-du-risque/inondations-analyse-de-risque-des-systemes-de-protection/tourment/descriptif-9782743023652>.
- BFE. 2014. *Pubblicazioni dell'UFE / BWG sulle dighe, in particolare sui piccoli impianti*. Svizzera: UFE - Ufficio federale dell'energia. Ausili per l'applicazione.<https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/approvigionamento/vigilanza-e-sicurezza/impianti-di-accumulazione/direttive-estrumenti-ausiliari.html>.
- CDF. 2019. *colloque sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations*. Francia: Irstea - 3ème Colloque sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations. Diapositive di presentazione.
- CSA. 1994. *Channel Stability Assessment for Flood Control Projects*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- DAF. 2011. *Merkblatt DWA-M 507-1; Deiche an Fließgewässern*. Germania: DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Opuscolo. <https://de.dwa.de/de/>.
- DDF, Rüdiger Siebel. 2003. Überströmbarer Dämme, Dammscharten und Flussdeiche. Deutschland: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Sammlung von Fachbeiträgen.
- DEC. 2015 *Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques*. Francia: Légifrance - Le service public de la diffusion du droit. Legge. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030591079&categorieLien=id>.
- DEF, Rémy Tourment, Irstea e Bruno Beullac. 2018. *Digues de protection et systèmes d'endiguement: Définitions, objectifs et fonctions*. Francia: DREAL – Auvergne-Rhône-Alpes. Diapositive di presentazione.
- DET, E. Forte, A. Mocnik, R. Zambrini, F. Cervi, D. Martinucci, F. Pellegrini, u. a. 2017. Detection and Characterization of Animal Burrows within River Embankments by Means of Coupled Remote Sensing and Geophysical Techniques: Lessons from River Panaro (Northern Italy). Italien: Engineering Geology. Forschungsbericht. http://esplorasrl.it/wp-content/uploads/2018/02/ENGEO_Borgatti-et-al.pdf.
- DEV, Gérard Degoutte. 2012. *Les déversoirs sur digues fluviales*. Francia: Éditions Quæ. Manuale. <https://www.quae.com/produit/1150/9782759219490/les-deversoirs-sur-digues-fluviales/?ga=2.55214063.591791365.1574840829-346490218.1574840829>.
- DGL. 1997. Design Guidance on Levees. USA: USACE. Richtlinie. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.

- DQH, Werner Hinterleitner. 2007. Deichquerschnitte Hochwasserschutzdämme. Österreich: BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, A-1012 Wien, Stubenring 1. Leitfaden.
- DSD, C.W. Huntley, J.C. Hokenstrom, A.G. Cudworth Jr, T.N. McDaniel, H.K. Blair e W.C. Dunkin. 1987. *Design of Small Dams*. USA: USBR. Direttiva. <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/mands-pdfs/SmallDams.pdf>.
- EDE, Ronald Haselsteiner. 2013. *Massnahmen zur Ertüchtigung von Flussdeichen*. Germania: DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Contributo al seminario.
- EDH, L. Schmocke, V. Weitbrecht, P.A. Mayor, R. Herzog e E. Rühli. 2010. *Erodierbarer Damm Hagneckkanal*. VAW-Report No. 4285 / IGT-Report No. 4752. Svizzera: VAW - Laboratorio di Ingegneria Idraulica del Politecnico di Zurigo, IGT Istituto di Ingegneria Geotecnica del Politecnico di Zurigo, su incarico dell'Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA). Studio.
- ELB, Jan Queisser. 2006. *Entwicklung landschaftsverträglicher Bauweisen für überströmbar Dämme*. Germania: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann Mitteilungen des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung - Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik - der Universität Karlsruhe (TH); Heft 233. Dissertation.
- EUC, 2018. *European and US Levees and Flood Defences Report Characteristics, Risks and Governance*. USA/Europa: EUCOLD Working Group on Levees and Flood Defences. Rapporto di lavoro. https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/lfd_inventory_of_characteristics_risks_and_governance_full_report_final_20190308.pdf.
- FBD, D. Sterpi, T. de Gast, S. Muraro, E. Ponzoni, H. van Hemert e C. Jommi. 2019. *Coupled Hydro-Mechanical Analysis of Pre-Failure and Failure Behaviour of a Dyke on Soft Sub-soil*. Paesi Bassi: ICOLD - 15th International Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams, Theme C. Event report. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51085-5_36.
- FCC, 1994. *Hydraulic Design of Flood Control Channels*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- FEM, Ulrich Schneider e Eugen Perau. 2009. *Nachweise zur Standsicherheit von Dammböschungen – Ein Vergleich zwischen klassischen Verfahren und der FEM*. Germania: Università di Duisburg Essen. Lavoro scientifico/raccomandazione. <https://www.uni-due.de/geotechnik/>.
- FRD, 2013. *Association Nationale des gestionnaires de digues France Digues*. Francia: France digues - Association nationale des gestionnaires de digues. Diapositive di presentazione. <http://www.france-digues.fr/>.
- GBB, 2011. *Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstrassen*. Germania: BAW – Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo.
- GDC, 2004. *General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.

- GEV, P. Mériaux, C. Zanetti e M. Vennetier. 2015. *Gestion de la végétation des ouvrages hydrauliques en remblai*. Francia: Cardère éditeur, Irstea Aix-en-Pce. Opuscolo.
- GHB, Melanie e Melanie Schultz van Haegen. 2017. *Grondslagen voor hoogwaterbescherming / Fundamentals of flood protection*. Paesi Bassi: ENW - Expertisenetwerk waterveiligheid (appartenente al Rijkswaterstaat). Direttiva.
- GHD, Josef Schönleitner. 2013. *Gehölzstrukturen an Hochwasserschutzdämmen*. Austria: BOKU - Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau Department für Bautechnik und Naturgefahren Universität für Bodenkultur Wien, Vienna. Tesi di master. https://zi-dapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=11285&property_id=107.
- GHW. *Geotechnik im Hochwasserschutz*. Germania: Institut für Bodenmechanik und Grundbau, Universität der Bundeswehr München. Dispense del corso.
- GLP. 2014. *Guidelines for Landscape Planting and Vegetation Management at Levees, Flood-walls, Embankment Dams and Appurtenant Structures*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- GPS, Uwe Hoffmann, Ronald Lewis, Tina Martin, Marcus Möller, Kai Musfeldt, Ernst Niederleitinger, et al. 2008. *Geophysikalische Verfahren zur Strukturerkundung und Schwachstellenanalyse von Flussdeichen – ein Handbuch*. Germania: BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. Rapporto di ricerca.
- HDC. 2000. *Design and Construction of Levees*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- HFW. 2001: *Protezione contro le piene dei corsi d'acqua – Direttive dell'UFAEG*. Svizzera: UFAG (ora UFAM).
- HWD, Ronald Haselsteiner. 2007. *Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsickerung*. Germania: Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München. Lavoro scientifico.
- HWH, Walter Binder, Wolfgang Breit, Jansjörg Brombach, Markus Disse, Klaus-D. Fröhlich, Robert Jüpner, et al. 2013. *Hochwasser-Handbuch*. Germania: Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Patt, Prof. Dr. rer. Nat. Robert Jüpner. Manuale. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-28191-4>.
- IED. 2017. *ICOLD-Bulletin 164: Internal Erosion of Existing Dams, Levees and Dikes, and Their Foundations / L'érosion Interne Dans Les Digues, Barrages Existant et Leurs Fondations*; World: ICOLD, comité des barrages en remblai, Jean-Pierre Tournier 7. Bulletin. <https://www.icold-cigb.org/GB/publications/bulletins.asp?IDA=248> Breve sintesi.
- IEE. 2019. *Internal Erosion in Earthdams, Dikes and Levees*. Europa: European Working Group on Internal Erosion (EWG-IE). Raccolta di articoli scientifici. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-99423-9#toc>
- IMP. 2005. *IMPACT-Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Final Technical Report - January 2005*. Europa. Rapporto di lavoro.
- JTD. 2018. *Journée technique Digues et systèmes d'endiguements*. Francia: DREAL – Auvergne-Rhône-Alpes. Diapositive di presentazione. <https://www.plan-rhone.fr/objectifs/agir-sur-l-alea/journee-technique-digues-etsystemes- d-endiguements-459.html>.

- LHB. 2013. *The International Levee Handbook*. Gran Bretagna, Francia, USA. Manuale. www.ciria.org.
- LKB. 1988. *Leidraad keuzemethodiek dijk en oeverbekleding deel 1 e 2*. Paesi Bassi: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Guida.
- LOR. 1985. *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied*. Paesi Bassi: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Guida.
- MAD, Bruno Beullac, Gérard Degoutte e Rémy Tourment. 2015. *Études de dangers des systèmes de protection contre les inondations : une méthode d'analyse de la défaillance*. Francia: La Houille Blanche, n° 1. pubblicazione.
- MAG. 2013. *BAW Merkblatt – Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstrassen*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo.
- MAK. 2013 *BAW Merkblatt – Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstrassen*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102458>.
- MAR. 2008. *Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnengewässern*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo.
- MAV, Markus Weissmann e Jürgen Stein. 2017. *Anwendung von hydraulisch gebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstrassen*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo.
- MDI. 2017. *BAW Merkblatt - Damminspektion*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102482>.
- MHD, Dominik Johannes Dorner. 2012. *Naturmaßstäblicher Modellversuch zur Untersuchung der Unterströmung von Hochwasserschutzdämmen*. Austria: Technischen Universität Wien - Fakultät für Bauingenieurwesen Institut für Geotechnik - Forschungsbereich für Grundbau, Boden- und Felsmechanik. Tesi di master.
- MMB. 2013. *BAW Merkblatt – Materialtransport im Boden*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102471>.
- MSD. 2011. *BAW Merkblatt – Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrasse*. Germania: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Opuscolo. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102478>.
- NLD, S. Camici, P. Maccioni, T. Moramarco e S. Barbutta. 2015. *National Levee Database: Monitoring, Vulnerability Assessment and Management in Italy*. Italia: Geophysical Research Abstracts, Vol. 17° rapporto di ricerca. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-10170.pdf>.
- NWW. 2018 *Waterwet (legge sull'acqua)*. Paesi Bassi: Governo olandese. Legge.
- ODI. Jean-Luc Barrier. 2018 *Cadre réglementaire, Ouvrages de protection, Décret "digues" du 12/05/2015*. Francia: DREAL – Auvergne-Rhône-Alpes. Diapositive di presentazione. <https://www.plan-rhone.fr/objectifs/agir-sur-l-alea/journee-technique-digues-etsystemes-d-endiguements-459.html>.

- OGT, F. Saathoff e G. Heerten. 2005. *Oesterreichische Geotechniktagung - mit Vienna-Terzaghi-Lecture und Verleihung des österreichischen Grundbaupreises TAGUNGSBEITRÄGE*. Austria: OIAV - Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Ver- ein A-1010 Vienna, Eschenbachgasse 9. Pubblicazione della conferenza.
- OIT. 2017. *OI/2014v4 Handreiking ontwerpen met overstromingskans*. Paesi Bassi: Governo olandese. Guida.
- PFD, Han Knoeff, Alessandra Bizzarri, Marcel Bottema, Wout de Vries e Robert Slomp. 2016. *FLOODrisk 2016 Conference - Probabilistic Flood Defence Assessment Tools*. Paesi Bassi: Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and the Environment. Pubblicazione della conferenza.
- PRH. 2015. *Plan Rhône, bassin Rhône Méditerranée*. Francia: DREAL - Auvergne-Rhône-Alpes. Rapporto del progetto.
- PWS. 2008. *Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung, Teil F: Flüsse*. Svizzera: PLANAT Aiuto all'esecuzione.
- RAL, M. Wallis, B. Beullac, A. Kortenhaus, D.M. Schaaf, H. Schelfhout e R. Tourment. 2014. *The Risk Analysis of Levee Systems*. Porto: 3rd IAHR Europe Congress, Europäische Union. Pubblicazione della conferenza.
- REM, SETRA;LCPC. 1992. *Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR) - Fascicule 1 - principes généraux*. Francia: Cerema (ex Setra). Manuale
- RFD, Robert Slomp. 2014. *Implementing risk based flood defence standards*. Paesi Bassi: Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and the Environment.
- RFW. 1989. *Retaining and Flood Walls*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>
- RID. 2021. *Current State-of-Practice in Risk-Informed Decision-Making for the Safety of Dams and Levees*. Mondo: ICOLD. Bollettino.
- RSS. 2014. *Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques*. Francia: CTPBOH - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). <https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/gtbarragesseismes2014.pdf>
- RTD, Irstea Bordeaux e Daniel Poulain. 2015 *Référentiel technique digues maritimes et fluviales*. Francia: Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). https://www.barragescfbr.eu/IMG/pdf/referentiel_technique_digues_maritimes_et_fluviales.pdf
- RTS, A. Brath, A. Mater, V. Fioravante, G. Gottardi, P. Mignosa, S. Orlandini e L. D'Alpaos. 2014. *Relazione tecnico-scientifica sulle cause del collasso dell'argine del fiume Secchia avvenuto il giorno 19 gennaio 2014 presso la frazione San Matteo*. Italia: Università degli Studi di Padova. Relazione sull'evento.
- SED, Jinxing Guo. 2015. *Stability Analysis of the Earth Dams and Dikes under the Influence of Precipitation and Vegetation*. Germania: Technische Universität Dresden. Lavoro scientifico.

- SIA. 2013. *260 Basi per la progettazione di strutture portanti, 261 Azioni sulle strutture portanti, 267 Geotecnica*. Svizzera: SIA. Norme.
- SLS. 2003. *Slope Stability*. USA: USACE. Guida. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- SMD, Paul Royet e Patrice Mériaux. 2007. *Surveillance, maintenance and diagnosis of flood protection dikes*. Francia: Éditions Quæ. Manuale. <https://www.quae.com>.
- SRA. 2019. *US Best Practices in Dam and Levee Safety Risk Analysis*. USA: U.S. Army Corps of Engineers e U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. Diapositive di presentazione. <https://www.usbr.gov/ssle/damsafety/risk/methodology.html>.
- TLW, D. Arosio, A. Hojat, L. Longoni, M. Papini, L. Zanz e G. Tresoldi. 2017. *TTech-Levee-Watch: Experimenting an Integrated Geophysical System for Stability Assessment of Levees*. Italia: Rendiconti della Società Geologica Italiana, Vol. 46° rapporto di ricerca.
- TRK. 1996. *technisch rapport klei voor dijken*. Paesi Bassi: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Guida.
- UHD, Sasa Zivkovic. 2011. *IUntersuchungen der Unterströmung von Hochwasserschutzdämmen an kleinmaßstäblichen Dammmodellen*. Austria: Technischen Universität Wien - Fakultät für Bauingenieurwesen Institut für Geotechnik - Forschungsbereich für Grundbau, Boden- und Felsmechanik. Tesi di master.
- ULD. 2012. *Urban Levee Design Criteria*. USA, California: Stato della California; The Natural Resources Agency – Department of Water Resources. Guida.
- VAW, P.-J. Frank, S. Peter e L. Schmocker. 2011. *VVAW-Mitteilungen; 218 Deichbruchhydraulik, 236 Dammbruchhydraulik Und 241 Dammbruch-Analyse Mit Unsicherheiten*. Svizzera: VAW - Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETHZ. Studio.
- VSH, Marek Szabo, Ivan Paulmichl e Dietmar Adam. 2010. *Einsatz von innovativen Verdichtungstechnologien zur Sanierung von Hochwasserschutzdämmen in «Ideen werden Wirklichkeit - 50 Jahre Ingenieurleistungen»*. Austria: FCP - Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, Vienna; autoproduzione. Pubblicazione.
- WBI. 2016. *Publicatie regeling veiligheid primaire waterkeringen*. Paesi Bassi: Governo olandese. Strumento.
- WHG. 2009. *Wasserhaushaltsgesetz des Bundes*. Germania: BMJ - Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamt für Justiz. Gesetz. Legge. http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/.
- WIK. 2015. *WikiBarDig, unité de recherche Ouvrages Hydrauliques*. Francia: Unité de recherche Ouvrages Hydrauliques et Hydrologie d'Irstea basée à Aix-en-Provence, en collaboration avec l'unité de recherche Technologies et Systèmes d'informations pour les agrosystèmes d'Irstea Clermont-Ferrand. Sito web. <http://wikibardig.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Portail:Wikibardig>.
- WRR. 2014. *Water Resources Reform and Development Act Public Law 113-121*. USA: GPO; Congresso degli Stati Uniti. Legge.

- ZDB. 2011. *Zustandsmonitoring von Dammbauwerken Leitfaden zur Festlegung der Erfordernisse hinsichtlich Überwachung, Kontrolle und Prüfung, Fassung Juni 2011.* Austria: BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Guida.