



# Direttiva sulla sicurezza degli impianti di accumulazione

Parte C2: Sicurezza contro le piene e abbassamento  
della ritenuta

L'ultima versione sostituisce le precedenti

<b>Versione</b>	<b>Modifiche</b>	<b>Data</b>
2.0	Revisione totale della direttiva dell'UFAEG 2002	15.01.2017
2.01	Aggiornamento della bibliografia	15.02.2017
2.02	Modifica capitolo 2.7.1	03.10.2018



## Nota editoriale

### **Pubblicazione**

Ufficio federale dell'energia, Sezione Vigilanza sugli impianti di accumulazione, 3003 Berna

### **Elaborazione**

Gruppo di lavoro per la revisione della parte C2 "Sicurezza contro le piene e abbassamento della ritenuta":

- P. Dändliker, Ufficio federale dell'ambiente UFAM
- G. Darbre, Ufficio federale dell'energia UFE
- H. Fuchs, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW
- B. Joos, Comitato svizzero delle dighe CSD
- Y. Keller, IUB Engineering AG
- P. Lazaro, Lombardi SA
- T. Rüesch, Rüesch Engineering AG
- B. Schaepli, Università di Losanna UNIL, Institute of Earth Surface Dynamics IDYST
- M. Schwager, Ufficio federale dell'energia UFE
- F. Zeimetz, EPF Lausanne, Laboratoire de constructions hydraulique LCH

### **Controllo**

Gruppo centrale di lavoro per la revisione delle direttive:

- A. Baumer, Comitato svizzero delle dighe CSD
- R. Boes, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW
- G. Darbre, Ufficio federale dell'energia UFE
- S. Gerber, Ufficio federale dell'energia UFE
- H. Meusburger, Conferenza dei direttori cantonali dei lavori pubblici, della pianificazione e dell'ambiente DCPA
- T. Oswald, Ufficio federale dell'energia UFE
- B. Otto, Associazione svizzera di economia delle acque ASEA
- R. Panduri, Ufficio federale dell'energia UFE
- M. Perraudin, Associazione delle aziende elettriche svizzere AES
- A. Schleiss, Laboratoire de constructions hydraulique, LCH-PFL
- A. Truffer, Conferenza dei direttori cantonali dell'energia CdEN

Documento approvato dalla direzione dell'UFE il 29 novembre 2016.

### **Data**

Prima pubblicazione (versione 2.0): 15 gennaio 2017



## Indice parte C2

1. Introduzione .....	5
1.1. Obiettivi della parte della direttiva «Sicurezza contro le piene e abbassamento della ritenuta».....	5
1.2. Verifica della sicurezza contro le piene.....	5
1.3. Abbassamento della ritenuta .....	5
1.4. Impianti di accumulazione esistenti .....	6
1.5. Impianti di accumulazione sull'Alto Reno e sull'Aar sotto la diretta sorveglianza della Confederazione .....	6
1.6. Classi di impianti di accumulazione .....	6
2. Sicurezza contro le piene .....	7
2.1. Verifica della sicurezza contro le piene.....	7
2.2. Quota di ritenuta iniziale .....	7
2.3. Livello di ritenuta massimo ammissibile.....	7
2.3.1. Livello di pericolo.....	8
2.3.2. Bordo franco di sicurezza .....	8
2.4. Evento di piena.....	10
2.4.1. Afflusso naturale verso l'impianto di accumulazione .....	11
2.4.2. Metodo di stima dell'afflusso naturale .....	12
2.5. Possibilità di scarico .....	15
2.6. Requisiti costruttivi degli sfioratori .....	17
2.6.1. Prevenzione degli intasamenti.....	17
2.6.2. Prevenzione della formazione di fosse di erosione .....	18
2.6.3. Prevenzione del mancato funzionamento di dispositivi di comando.....	19
2.7. Situazioni particolari .....	19
2.7.1. Impianti di accumulazione di classe III.....	19
2.7.2. Argini di ritenuta .....	19
2.7.3. Lavori di revisione o costruzione.....	20
2.7.4. Sicurezza contro le piene dopo un terremoto.....	20
3. Criteri di dimensionamento per i dispositivi di scarico .....	21
3.1. Requisiti generali.....	21
3.2. Abbassamento del livello di invaso in caso di pericolo imminente di una fuoriuscita incontrollata dell'acqua .....	21
3.3. Abbassamento del livello di invaso in caso di minaccia militare.....	22
3.4. Abbassamento del livello di invaso per attività di controllo e manutenzione.....	22
3.5. Mantenimento del livello di invaso dopo un suo abbassamento per motivi di sicurezza .....	22
3.6. Regolazione del livello di invaso durante la messa in esercizio .....	22
3.7. Spurghi del bacino.....	23
3.8. Evacuazione delle piene.....	23
3.9. Requisiti tecnici dei dispositivi di scarico.....	23
4. Prove di funzionamento degli sfioratori e dei dispositivi di scarico .....	24
4.1. Entità del controllo.....	24
4.2. Prova di funzionamento degli organi mobili dei dispositivi di scarico.....	24
4.3. Prova di funzionamento degli organi mobili degli sfioratori .....	25
4.4. Prova di funzionamento degli organi mobili di traverse mobili su fiumi.....	25
4.5. Prova di funzionamento degli organi mobili dei bacini di ritenuta .....	25
4.6. Verbale della prova di funzionamento.....	25
5. Regolamento di manovra delle paratoie .....	26
5.1. Scopo e contenuto del regolamento di manovra delle paratoie.....	26
5.2. Redazione del regolamento di manovra delle paratoie .....	27



5.3. Esame e approvazione del regolamento di manovra delle paratoie da parte dell'autorità di vigilanza .....	27
6. Bibliografia .....	28
Allegato 1 – Metodi correnti per la stima degli eventi di piena .....	30
Allegato 2 – Usuale svolgimento della prova di funzionamento degli organi mobili di un dispositivo di scarico .....	31



## **1. Introduzione**

### **1.1. Obiettivi della parte della direttiva «Sicurezza contro le piene e abbassamento della ritenuta»**

La presente parte della direttiva è volta a garantire sia la sicurezza di un impianto di accumulazione in caso di piena sia le condizioni per un abbassamento della ritenuta dovuto a motivi di sicurezza.

Inoltre presenta i requisiti per le prove di funzionamento degli sfioratori e dei dispositivi di scarico muniti di organi mobili nonché i requisiti relativi al contenuto del regolamento di manovra delle paratoie.

La presente parte della direttiva si limita alla sicurezza dell'impianto di accumulazione con l'obiettivo di evitare una rottura dell'impianto con conseguente fuoriuscita incontrollata dell'acqua. Non sono oggetto della presente direttiva, in particolare, la gestione del deflusso a valle e le conseguenti esigenze in materia di protezione contro le piene.

### **1.2. Verifica della sicurezza contro le piene**

La verifica della sicurezza contro le piene consiste nel dimostrare la capacità di contenere o evacuare eventi di piena in situazioni straordinarie o estreme, senza compromettere la sicurezza dell'impianto. Con «piena» s'intendono afflussi nella ritenuta sia di origine naturale (ad es. causati da precipitazioni o scioglimento delle masse nevose) sia d'esercizio (ad es. derivanti da opere di adduzione, turbinaggio o pompaggio).

La verifica della sicurezza contro le piene è necessaria nei seguenti casi:

- per gli impianti di accumulazione nuovi o modificati
- per gli impianti di accumulazione esistenti per i quali tale verifica non è ancora stata svolta
- per adeguarsi a modifiche delle ipotesi avanzate in una precedente verifica (in particolare nel caso di cambiamenti nelle condizioni idrologiche)
- al fine di adeguarsi allo stato delle conoscenze e della tecnica.

In base ai criteri sopra elencati, bisogna verificare periodicamente la necessità di svolgere una nuova verifica della sicurezza contro le piene. Per gli impianti di accumulazione di classe I (cfr. capitolo 1.6), la verifica deve essere svolta nell'ambito del controllo quinquennale, per gli impianti di classe II solitamente ogni dieci anni e per gli impianti di classe III su istruzione dell'autorità di vigilanza.

### **1.3. Abbassamento della ritenuta**

Il livello di vaso deve poter essere abbassato in caso di minaccia di fuoriuscita incontrollata dell'acqua e per l'esecuzione di attività di controllo e manutenzione. Per tale motivo la presente parte della direttiva stabilisce criteri di dimensionamento per i dispositivi di scarico.



#### 1.4. Impianti di accumulazione esistenti

Nell'attuazione dei criteri di dimensionamento per l'abbassamento della ritenuta di impianti esistenti, l'autorità di vigilanza presta particolare attenzione al principio della proporzionalità.

#### 1.5. Impianti di accumulazione sull'Alto Reno e sull'Aar sotto la diretta sorveglianza della Confederazione

Per la verifica della sicurezza contro le piene degli impianti di accumulazione sull'Alto Reno e sull'Aar sotto la diretta sorveglianza della Confederazione, si consultino i relativi aiuti all'esecuzione (attualmente: [UFE & RPF 2013; UFE 2015]).

#### 1.6. Classi di impianti di accumulazione

Gli impianti di accumulazione assoggettati alla legislazione sugli impianti di accumulazione sono suddivisi in tre classi, ognuna con requisiti distinti. La suddivisione in classi avviene in base ai criteri seguenti:

- impianti di accumulazione di classe I: soddisfano i criteri di cui all'art. 18 cpv. 1 lett. a o lett. b OlmA;
- impianti di accumulazione di classe II: hanno un'altezza d'invaso pari a o superiore a 5 m, soddisfano il criterio dimensionale di cui all'art. 3 cpv. 2 LImA e non sono assegnati alla classe I;
- impianti di accumulazione di classe III: non soddisfano il criterio dimensionale di cui all'art. 3 cpv. 2 LImA o hanno un'altezza d'invaso fino a 5 m.

La figura 1 presenta le classi di impianti di accumulazione in base ad altezza d'invaso e volume della ritenuta (cfr. definizioni nella parte A della direttiva).

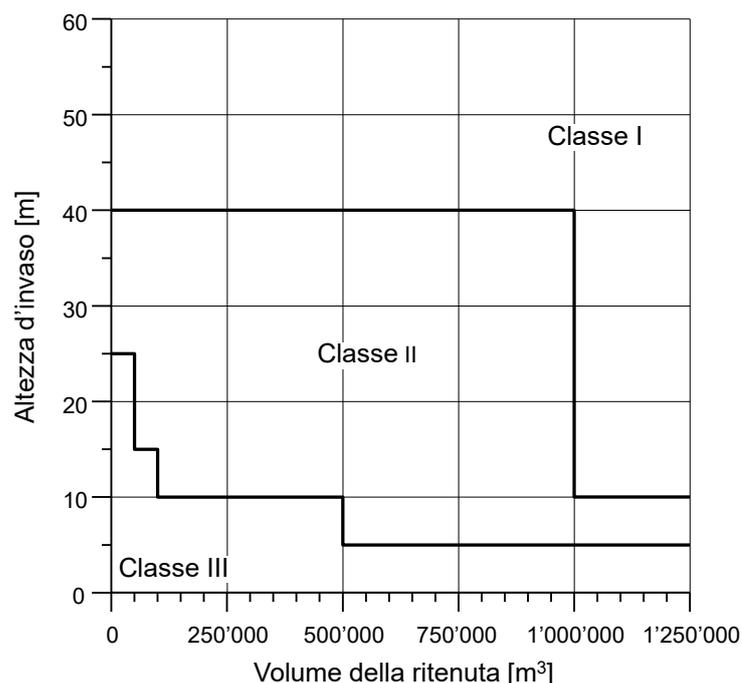


Figura 1: definizione delle tre classi di impianti.



## 2. Sicurezza contro le piene

### 2.1. Verifica della sicurezza contro le piene

La verifica della sicurezza contro le piene consiste nel dimostrare che:

- a) in una situazione straordinaria o estrema non vengono superati i livelli di ritenuta massimi stabiliti.

Una situazione straordinaria o estrema è definita attraverso i parametri seguenti:

- la quota di ritenuta iniziale (cfr. capitolo 2.2)
- il livello di ritenuta massimo ammissibile (cfr. capitolo 2.3)
- l'evento di piena (cfr. capitolo 2.4)
- le possibilità utilizzabili di scarico (cfr. capitolo 2.5);

- b) sono rispettati i requisiti costruttivi di sicurezza dei dispositivi di scarico (cfr. capitolo 2.6).

### 2.2. Quota di ritenuta iniziale

La quota di ritenuta iniziale da considerare ai fini della verifica della sicurezza contro le piene corrisponde:

- negli impianti di accumulazione con gestione attiva della ritenuta al livello di invaso d'esercizio massimo;
- negli impianti di accumulazione senza gestione attiva della ritenuta al livello determinante per l'altezza d'invaso (cfr. parte A della direttiva).

Per i **bacini di ritenuta delle piene** si assume che nella situazione straordinaria la quota di ritenuta iniziale corrisponda al livello determinante per l'altezza d'invaso. Tuttavia, nel caso di situazione estrema, si può assumere che il bacino sia vuoto prima dell'evento di piena.

### 2.3. Livello di ritenuta massimo ammissibile

Nella situazione straordinaria il livello di ritenuta massimo ammissibile si colloca al di sotto del livello di pericolo (cfr. capitolo 2.3.1) con un margine di sicurezza pari al bordo franco di sicurezza minimo richiesto (cfr. capitolo 2.3.2).

Nella situazione estrema il livello di ritenuta massimo ammissibile corrisponde al livello di pericolo (cfr. capitolo 2.3.1).



### 2.3.1. Livello di pericolo

Il livello di pericolo corrisponde al livello dell'acqua a partire dal quale è minacciata la sicurezza dell'impianto<sup>1</sup>.

Nel caso di sbarramenti tracimabili è necessario dimostrare la stabilità dell'opera di sbarramento ipotizzando uno sfioro stazionario.

Se non esistono analisi specifiche dell'impianto, di norma il livello di pericolo corrisponde:

- nelle dighe in materiale sciolto omogenee alla quota del coronamento (figura 2)
- nelle restanti dighe in materiale sciolto al livello del margine superiore dell'elemento d'impermeabilizzazione (figura 3)
- nelle dighe in calcestruzzo o in muratura alla quota del coronamento o alla quota del parapetto (figura 4).

### 2.3.2. Bordo franco di sicurezza

Il bordo franco di sicurezza corrisponde alla distanza tra il livello di pericolo e il livello massimo che l'invaso può raggiungere nella situazione straordinaria (figure 2, 3 e 4).

Il bordo franco di sicurezza serve ad evitare i danni provocati, ad esempio, da un'ondata causata dal vento nella situazione straordinaria. I valori del bordo franco di sicurezza minimo richiesto non dovrebbero essere inferiori ai valori indicativi riportati nella tabella 1, a meno che siano legati alle caratteristiche della ritenuta dell'impianto specifico.

Altezza dell'opera di sbarramento	$H \leq 10\text{m}$	$10\text{ m} < H < 40\text{ m}$	$H \geq 40\text{ m}$
<b>Bordo franco di sicurezza, diga in calcestruzzo o in muratura</b>	0.5 m	Interpolazione lineare	1.0 m
<b>Bordo franco di sicurezza, diga in materiale sciolto</b> - senza rivestimento in pietrame a monte - con rivestimento in pietrame a monte	1.0 m 1.0 m	Interpolazione lineare Interpolazione lineare	3.0 m 2.5 m

Tabella 1: valori indicativi per il bordo franco di sicurezza minimo richiesto.

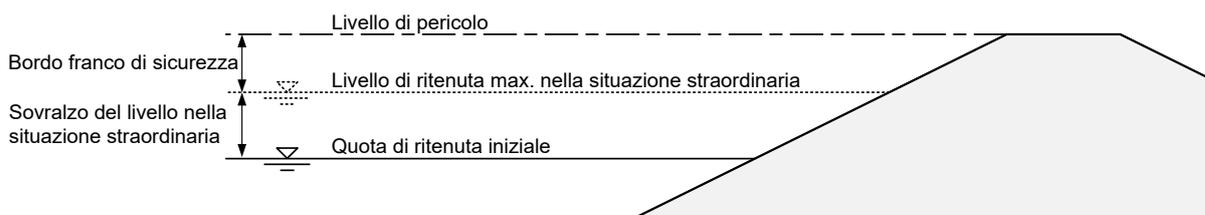
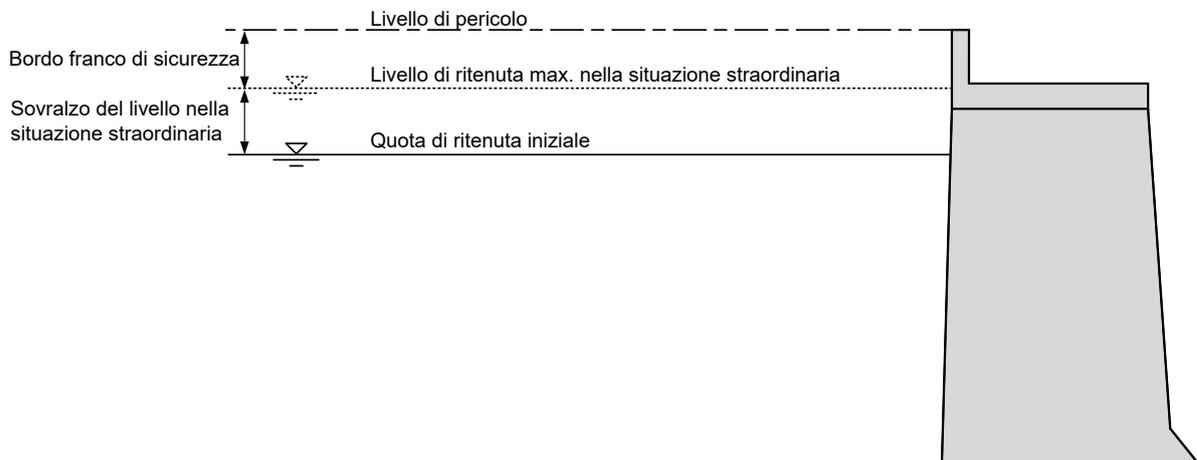


Figura 2: livello di pericolo e bordo franco di sicurezza nelle dighe in materiale sciolto omogenee.

<sup>1</sup> Per la determinazione del livello di pericolo si suppongono le azioni ed i fattori di sicurezza corrispondenti alla combinazione di tipo estrema statica conformemente alla parte C1 della direttiva.



*Figura 3: livello di pericolo e bordo franco di sicurezza nelle dighe in materiale sciolto non omogenee.*



*Figura 4: livello di pericolo e bordo franco di sicurezza nelle dighe in calcestruzzo o in muratura.*

Per **traverse mobili e argini di ritenuta nella zona contigua** (cfr. capitolo 2.7.2) non sono forniti valori indicativi per il bordo franco di sicurezza minimo. La piena di dimensionamento (cfr. capitolo 2.4) deve tuttavia poter essere deviata senza danni e senza tracimazione dell'opera di sbarramento.

Per gli **argini di ritenuta al di fuori della zona contigua** (cfr. capitolo 2.7.2) il bordo franco di sicurezza da rispettare deve ammontare ad almeno 50 cm, fatte salve condizioni più severe imposte dall'autorità concessionaria.

Qualora si possano verificare una forte ondata causata dal vento in un'ubicazione esposta, assestamenti indotti da terremoti oppure onde di impulso a seguito di movimenti di massa nella ritenuta, per non compromettere la sicurezza dell'impianto di accumulazione occorre prevedere un sufficiente bordo franco totale (bordo franco riferito alla quota di ritenuta iniziale).



## 2.4. Evento di piena

Con evento di piena s'intende l'afflusso ipotizzabile nella ritenuta (idrogramma) in una situazione straordinaria o estrema. Questo afflusso può essere di origine naturale o d'esercizio e includere le seguenti parti:

$Q_D(t)$	afflusso naturale dal bacino idrografico diretto (cfr. capitoli 2.4.1 e 2.4.2)
$Q_I(t)$	quantità d'acqua da adduzioni da un bacino idrografico indiretto (capacità delle opere di adduzione)
$Q_T(t)$	quantità d'acqua turbinata da una centrale idroelettrica a monte (capacità di turbinaggio)
$Q_P(t)$	quantità d'acqua pompata da una centrale idroelettrica a valle (capacità di pompaggio)
$Q_R(t)$	quantità d'acqua di riflusso da un pozzo piezometrico di una centrale idroelettrica a valle

Ai fini della verifica della sicurezza contro le piene, per la situazione straordinaria occorre determinare la piena di dimensionamento  $Q_B(t)$  e per la situazione estrema la piena di sicurezza  $Q_S(t)$ .

La piena di dimensionamento e la piena di sicurezza corrispondono agli idrogrammi che, tenendo conto delle capacità di ritenzione e di scarico, conducono al livello di ritenuta massimo. Solitamente quindi vanno eseguiti calcoli di ritenzione per diversi scenari e per diversi idrogrammi dei singoli scenari.

### Situazione straordinaria: piena di dimensionamento

La piena di dimensionamento  $Q_B(t)$  risulta dai seguenti scenari:

Scenario 1	$Q_B(t) = Q_D(t) + Q_I(t) + Q_R(t)$	afflussi diretti, afflussi indiretti, quantità d'acqua di riflusso
Scenario 2	$Q_B(t) = Q_T(t)$	quantità d'acqua turbinata
Scenario 3	$Q_B(t) = Q_P(t)$	quantità d'acqua pompata

Qualora esistano sistemi ridondanti di comando<sup>2</sup> per l'attività di turbinaggio e pompaggio, la verifica deve essere fornita solamente per gli afflussi diretti e indiretti e per le quantità d'acqua di riflusso:

$$Q_B(t) = Q_D(t) + Q_I(t) + Q_R(t)$$

Se la quantità d'acqua  $Q_I(t)$  da adduzioni da un bacino idrografico indiretto può essere interrotta attraverso misure d'esercizio, questa può non essere considerata previa approvazione dell'autorità di vigilanza.

<sup>2</sup> Il sistema di comando deve essere ridondante per quanto riguarda la misurazione delle grandezze in entrata (ad es. livello di ritenuta), la trasmissione delle grandezze in entrata e in uscita, l'unità di comando e l'approvvigionamento elettrico.



### Situazione estrema: piena di sicurezza

Lo scenario per la piena di sicurezza  $Q_S(t)$  viene definito dalla somma delle possibili parti:

$$Q_S(t) = Q_D(t) + Q_I(t) + Q_T(t) + Q_P(t) + Q_R(t)$$

Se vi sono sistemi ridondanti di comando<sup>3</sup> dell'attività di turbinaggio e pompaggio, la piena di sicurezza risulta dai seguenti scenari:

Scenario 1	$Q_S(t) = Q_D(t) + Q_I(t) + Q_R(t)$	afflussi diretti, afflussi indiretti, quantità d'acqua di riflusso
Scenario 2	$Q_S(t) = Q_T(t)$	quantità d'acqua turbinata
Scenario 3	$Q_S(t) = Q_P(t)$	quantità d'acqua pompata

Se non è possibile svolgere la verifica della sicurezza contro le piene per lo scenario 2 o 3 nella situazione estrema e se sono disponibili sistemi ridondanti di comando<sup>3</sup>, la sicurezza in caso di piena può essere garantita anche attraverso una limitazione d'esercizio. A tal fine occorre assicurare che il volume di ritenuta libero al di sotto della quota di ritenuta iniziale sia tale che la quantità totale d'acqua turbinabile dal bacino a monte (o pompabile dal bacino a valle) possa essere contenuta in ogni momento. Per l'adempimento della limitazione dell'esercizio i dispositivi di scarico devono soddisfare i requisiti per il mantenimento della quota di ritenuta secondo il capitolo 3.5. Le relative condizioni vengono disposte dall'autorità di vigilanza.

#### 2.4.1. Afflusso naturale verso l'impianto di accumulazione

Le parti naturali  $Q_D(t)$  dell'evento di piena devono presentare periodi di ritorno secondo la tabella 2.

Situazione	straordinaria	estrema
Evento di piena	di dimensionamento	di sicurezza
Periodo di ritorno	1'000 anni	>> 1'000 anni

*Tabella 2: periodo di ritorno delle parti naturali dell'evento di piena.*

Per la determinazione dell'idrogramma di piena è possibile tenere conto di una sua eventuale limitazione dovuta alla capacità del canale d'afflusso, purché questa limitazione di capacità venga verificata.

Per gli **argini di ritenuta al di fuori della zona contigua** (cfr. capitolo 2.7.2) le parti naturali della piena di dimensionamento rispettivamente della piena di sicurezza devono presentare periodi di ritorno almeno di 100 rispettivamente di 300 anni, fatte salve condizioni più severe previste dall'autorità concessionaria.

Per i **bacini di ritenuta di classe III** l'autorità di vigilanza può adeguare i requisiti in base agli eventi di piena da considerare (cfr. capitolo 2.7.1).

<sup>3</sup> Il sistema di comando deve essere ridondante per quanto riguarda la misurazione delle grandezze in entrata (ad es. livello di ritenuta), la trasmissione delle grandezze in entrata e in uscita, l'unità di comando e l'alimentazione elettrica.



## 2.4.2. Metodo di stima dell'afflusso naturale

Le parti naturali di un evento di piena devono essere stimate attraverso studi scientificamente fondati e specifici dell'ubicazione dell'impianto. Le incertezze relative ai metodi utilizzati devono essere analizzate e valutate. Se possibile si applicano diversi metodi, indipendenti gli uni dagli altri.

I requisiti minimi concernenti il metodo di stima dell'afflusso naturale variano a seconda della classe di impianto e sono riportati nella tabella 3. I limiti di applicazione dei singoli metodi sono illustrati nell'allegato 1. Se questi metodi non risultano adeguati alle caratteristiche dell'impianto specifico bisogna effettuare ulteriori accertamenti e applicare metodi più raffinati.

Per la stima degli eventi di piena in situazioni straordinarie ed estreme solitamente non risultano adeguati i metodi empirici e pseudo-empirici (cfr. allegato 1).

Evento di piena	Classe di impianto I	Classe di impianto II	Classe di impianto III
Piena di dimensionamento	e M1 M2 + SG o + NAM	e M1 M2 + SG o + NAM	o M1 M2 + SG o + NAM
Piena di sicurezza	e M3 M4 + NAM per confronto	ev. M3 M4 + NAM per confronto	ev. M3 M4 + NAM per confronto

*Tabella 3: panoramica dei requisiti minimi concernenti la metodologia; M1-M5: metodi 1-5 (cfr. capitolo 2.4.2.), SG ("Synthetische Ganglinie"): idrogramma sintetico (cfr. paragrafo: 2.4.2.1), NAM ("Niederschlags-Abfluss-Modell"): modello di precipitazione e deflusso (cfr. paragrafo 2.4.2.2).*

### Panoramica dei metodi e dei procedimenti

#### **M1: Metodi statistici basati su serie di misurazioni dell'afflusso**

Questi metodi consentono di effettuare la stima dell'afflusso di picco. Se non sono disponibili indicazioni circa l'idrogramma, non è possibile considerare l'effetto della ritenzione.

I metodi statistici basati sulle serie di misurazioni dell'afflusso presuppongono una durata di osservazione degli afflussi sufficientemente lunga e una risoluzione temporale delle serie di misurazioni sufficientemente fine. Se la durata dell'osservazione non è sufficiente (cfr. allegato 1), per i bacini idrografici senza neve e ghiacciai è possibile includere anche le serie di misurazioni delle precipitazioni, ad esempio con l'aiuto dei procedimenti Gradex [Guillot & Duband 1967] o Agregée [Margoum 1994].

#### **M2: Metodi statistici basati su serie di misurazioni delle precipitazioni**

Questi metodi consentono di stimare l'intensità delle precipitazioni. Per assegnare gli eventi di precipitazione a un idrogramma di piena si utilizzano gli idrogrammi sintetici (cfr. paragrafo 2.4.2.1) o i modelli di precipitazione e deflusso (cfr. paragrafo 2.4.2.2). I metodi statistici basati su serie di misurazioni delle precipitazioni presuppongono una durata dell'osservazione delle precipitazioni sufficientemente lunga. Se questa durata non è sufficiente (cfr. allegato 1), è possibile effettuare un'estrapolazione sulla



base della «migliore stima» secondo [MeteoSvizzera 2016, versione 2016 o più attuale]. Se l'affidabilità dei risultati secondo [MeteoSvizzera 2016] viene classificata «discutibile» o «insufficiente» oppure non esiste alcuna stazione di misurazione delle precipitazioni rappresentativa per il bacino idrografico, è da preferire la base di dati dell'Atlante idrologico della Svizzera ([UFAM 2007], foglio 2.4). Se la durata dell'osservazione delle precipitazioni non è sufficiente è possibile includere anche serie di precipitazioni generate attraverso metodi stocastici (ad es. Neyman-Scott Schema, [Burton et al. 2004]).

In merito al periodo di ritorno delle precipitazioni, si assume la stessa probabilità di comparsa per le precipitazioni e per i corrispondenti eventi di piena.

### M3: Procedimento di determinazione della piena di sicurezza basato sulla piena di dimensionamento

Questo procedimento consente di stimare l'idrogramma della parte naturale di afflusso della piena di sicurezza  $Q_{D,S}(t)$  a partire dalla corrispondente parte della piena di dimensionamento  $Q_{D,B}(t)$ .

Impianti esistenti: attraverso l'aumento dell'afflusso del 50% [Biedermann et al. 1988]:

$$Q_{D,S}(t) = 1.5 Q_{D,B}(t) \quad (\text{cfr. figura 5})$$

Impianti nuovi o modificati: attraverso l'aumento sia dell'afflusso che della durata dell'evento del 50% [Biedermann et al. 1988, UFE 2008]:

$$Q_{D,S}(t) = 1.5 Q_{D,B}\left(\frac{2}{3}t\right) \quad (\text{cfr. figura 5})$$

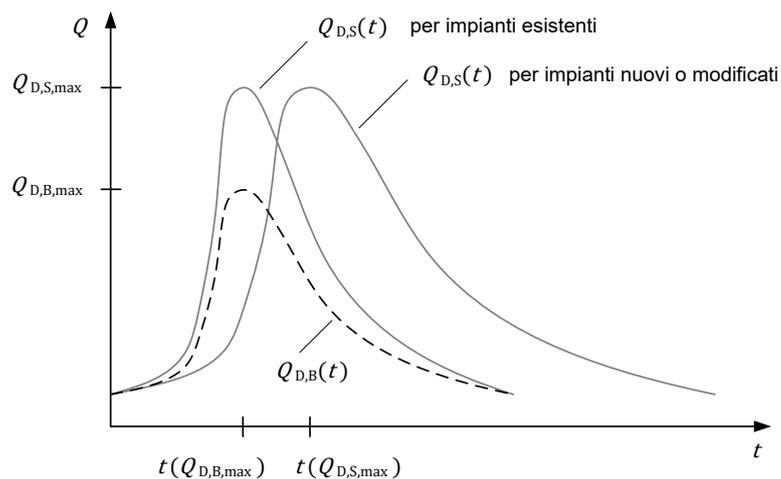


Figura 5: idrogrammi schematici della parte naturale della piena di dimensionamento e della piena di sicurezza.



#### **M4: Metodi basati sul procedimento PMP (Probable Maximum Precipitation)**

Questi metodi permettono di stimare le probabili precipitazioni massime nell'ubicazione specifica, nell'ipotesi delle peggiori condizioni meteorologiche (cfr. allegato 1). Alle precipitazioni viene assegnato un idrogramma di piena con l'aiuto di un modello di precipitazione e deflusso (cfr. paragrafo 2.4.2.2). Le cartine PMP per la Svizzera sono riportate in [Hertig et al. 2007]<sup>4</sup>. Qualora vengano utilizzate altre cartine PMP oppure studi PMP specifici dell'ubicazione, è necessario motivare gli scostamenti rispetto alle cartine PMP citate<sup>5</sup>.

##### **2.4.2.1. Ipotesi relative agli idrogrammi sintetici**

Se vengono generati idrogrammi sintetici di piena partendo dalle precipitazioni, si assume che il volume totale delle precipitazioni contribuisca al volume dell'afflusso nella ritenuta<sup>6</sup>. I fenomeni che si discostano da questa ipotesi, come quelli che possono verificarsi per periodi di ritorno più brevi, non vengono considerati per gli eventi di piena in esame. Se neve e ghiacciai possono dare un contributo significativo all'evento di piena, occorre tenerne conto; ev. è preferibile un modello di precipitazione e deflusso.

Se non vi sono ulteriori accertamenti specifici, è possibile assumere, in prima approssimazione, l'idrogramma sintetico di piena secondo Maxwell [Sinniger & Hager 1984]

$$Q(t) = \left( \frac{t}{t_{\max}} e^{\left(1 - \frac{t}{t_{\max}}\right)} \right)^n Q_{\max}$$

con il corrispondente volume di piena

$$V = Q_{\max} t_{\max} \frac{e^n n!}{n^{n+1}}$$

Il tempo  $t_{\max}$  corrisponde alla durata fino al picco di piena e si può assumere corrispondente alla durata della precipitazione. Se vengono generati idrogrammi sintetici di piena (M3) partendo da precipitazioni, per l'esponente  $n$  si stabilisce il valore 6. Valori divergenti per  $n$  tra 1 e 6 possono essere considerati esclusivamente se determinati attraverso analisi delle caratteristiche specifiche del bacino idrografico.

<sup>4</sup> Essendo finora scarse le esperienze di applicazione con queste cartine PMP, le precipitazioni (PMP) e gli afflussi (PMF) determinati attraverso di esse vanno pertanto confrontati e valutati con i risultati di altri metodi.

<sup>5</sup> Se confluiscono anche analisi probabilistiche nella determinazione dei valori PMP, questi ultimi devono presentare una probabilità di superamento di ca.  $10^{-4}$  all'anno.

<sup>6</sup> Il cosiddetto coefficiente volume-deflusso è quindi pari a 1.



#### 2.4.2.2. Ipotesi relative al modello di precipitazione e deflusso

Un modello di precipitazione e deflusso consente di attribuire a un evento di precipitazione (modello basato su eventi) o ad una serie di precipitazioni (simulazione a lungo termine) un afflusso all'impianto di accumulazione dipendente dal tempo. Un tale modello deve poter riprodurre il comportamento idrologico del bacino imbrifero per eventi straordinari ed estremi.

- Il **modello basato su eventi** permette di calcolare, partendo da un evento di precipitazione, l'evento di piena corrispondente. In una prima fase occorre distribuire il volume della precipitazione lungo la sua durata. A tal fine si può ricorrere ad esempio a una cosiddetta "Rainfall Mass Curve" [Zeimetz 2017]. In una seconda fase, sulla base della precipitazione dipendente dal tempo, si calcola l'afflusso risultante verso l'impianto di accumulazione.

Le condizioni iniziali del modello (come saturazione del sottosuolo, spessore della coltre nevosa e la sua saturazione ecc.) si stabiliscono il più possibile sfavorevoli. In alternativa, le condizioni iniziali possono essere derivate da quelle che prevalgono in occasione di eventi da rari a estremi. Se si utilizza quest'ultimo approccio, è tuttavia necessario effettuare un'analisi della sensitività sugli apporti.

L'afflusso all'impianto di accumulazione derivante dallo scioglimento della neve a diverse altitudini è da considerare tramite un modello idrologico della neve. In assenza di un tale modello nonché di analisi specifiche sui valori di scioglimento della neve e sullo spessore della coltre nevosa, si può assumere un valore di scioglimento della neve pari a 50 mm/giorno (equivalente in acqua) [Würzer et al. 2016] che permane per tutta la durata dell'evento di precipitazione.

- La **simulazione a lungo termine** permette di calcolare una lunga serie continua di deflusso, basandosi su lunghe serie delle variabili di ingresso (come precipitazione, temperatura, irradiazione ecc.). Successivamente questa serie continua può essere analizzata con metodi statistici dei valori estremi.

#### 2.5. Possibilità di scarico

##### Situazione straordinaria

Nelle **dighe in calcestruzzo o muratura** e nelle **dighe in materiali sciolti** la piena di dimensionamento  $Q_B(t)$  deve poter essere gestita nelle seguenti condizioni:

- a) il più efficiente tra i "n" sfioratori e dispositivi di scarico<sup>7</sup> muniti di organi mobili è fuori servizio (regola "n - 1"),
- b) non è possibile deviare l'acqua attraverso eventuali sistemi di derivazione, a meno che la centrale sia a prova di inondazione e per la durata dell'evento sia provato il passaggio passivo dell'acqua (ad es. attraverso turbine in posizione a bandiera) o la prosecuzione dell'esercizio delle macchine (ad es. grazie a due linee ad alta tensione indipendenti per il trasporto energetico). In ogni caso, ai fini della verifica si possono considerare al massimo "n - 1" turbine.

<sup>7</sup> Gli sfioratori e i dispositivi di scarico comprendono: scarichi di superficie, di fondo e intermedi, gallerie di deviazione, aperture di traverse mobili o chiuse regolabili.



Negli **sbarramenti di fiumi (traverse mobili)** la piena di dimensionamento  $Q_B(t)$  deve poter essere gestita nelle seguenti condizioni:

- a) il più efficiente tra i "n" sfioratori e dispositivi di scarico<sup>8</sup> muniti di organi mobili è fuori servizio (regola "n - 1"),
- b) è possibile utilizzare tutte le turbine nel caso sia comprovabile il passaggio passivo dell'acqua o la prosecuzione dell'esercizio delle macchine.

Nei **bacini di ritenuta**<sup>9</sup> la piena di dimensionamento  $Q_B(t)$  deve poter essere gestita nella seguente condizione:

- eventuali aperture (scarico di fondo o aperture di passaggio delle acque, con o senza griglie oppure panconi) sono fuori servizio o ostruite, a meno che si adottino sufficienti misure costruttive volte ad evitare tali ostruzioni.

#### Situazione estrema

Nelle **dighe in calcestruzzo o muratura** la piena di sicurezza  $Q_S(t)$  deve poter essere gestita nelle seguenti condizioni:

- a) tutti gli sfioratori e i dispositivi di scarico possono essere utilizzati,
- b) non è possibile deviare l'acqua attraverso eventuali sistemi di derivazione<sup>10</sup>.

Nelle **dighe in materiali sciolti** la piena di sicurezza  $Q_S(t)$  deve poter essere gestita nelle seguenti condizioni:

- a) il più efficiente tra i "n" sfioratori e dispositivi di scarico<sup>8</sup> muniti di organi mobili è fuori servizio (regola "n - 1"),
- b) non è possibile deviare l'acqua attraverso eventuali sistemi di derivazione<sup>10</sup>.

Negli **sbarramenti di fiumi (traverse mobili)** la piena di sicurezza  $Q_S(t)$  deve poter essere gestita nelle seguenti condizioni:

- a) tutti gli sfioratori e i dispositivi di scarico possono essere utilizzati,
- b) è possibile utilizzare tutte le turbine se è comprovabile l'emissione passiva dell'acqua o la prosecuzione dell'esercizio delle macchine.

Nei **bacini di ritenuta**<sup>9</sup> la piena di sicurezza  $Q_S(t)$  deve poter essere gestita nella seguente condizione:

- eventuali aperture (scarico di fondo o aperture di passaggio delle acque, con o senza griglie oppure panconi) sono fuori servizio o ostruite, a meno che si adottino sufficienti misure costruttive volte ad evitare tali ostruzioni.

Qualora in una situazione straordinaria o estrema si debba assumere che altri sfioratori e dispositivi di scarico potrebbero non funzionare o non essere utilizzabili, questi non possono essere considerati per la verifica della sicurezza contro le piene.

<sup>8</sup> Gli sfioratori e i dispositivi di scarico comprendono: scarichi di superficie, di fondo e intermedi, gallerie di deviazione, aperture di traverse mobili o chiuse regolabili.

<sup>9</sup> Nei bacini di ritenuta di classe III l'autorità di vigilanza può prevedere condizioni diverse; cfr. cap. 2.7.1.

<sup>10</sup> Per la deviazione degli eventi di piena degli scenari 2 e 3 negli impianti di accumulazione mediante pompaggio con sistemi di comando indipendenti e ridondanti, si può tenere conto delle quantità d'acqua turbinata o pompata ( $Q_T$ ,  $Q_P$ ) previa approvazione dell'autorità di sorveglianza.



## 2.6. Requisiti costruttivi degli sfioratori

### 2.6.1. Prevenzione degli intasamenti

Nel caso di rischio di un innalzamento del livello di ritenuta provocato da un intasamento dovuto a detriti flottanti (in particolare legname flottante), occorre adottare misure preventive, ad esempio [CSD 2017]:

- a) riduzione dell'accumulo di detriti flottanti nel bacino idrografico (cfr. paragrafo 2.6.1.1)
- b) passaggio e scorrimento dei detriti flottanti (cfr. paragrafo 2.6.1.2)
- c) ritenzione dei detriti flottanti nella ritenuta (cfr. paragrafo 2.6.1.3)

#### 2.6.1.1. Riduzione dell'accumulo di detriti flottanti nel bacino di ritenuta

L'accumulo di detriti flottanti nel bacino di ritenuta può essere ridotto attraverso la cura della foresta, la manutenzione dei corsi d'acqua e l'adozione di misure per la messa in sicurezza delle scarpate, nonché attraverso l'installazione di griglie e reti lungo i canali affluenti.

#### 2.6.1.2. Passaggio e scorrimento dei detriti flottanti

Gli sfioratori possono essere concepiti in modo da permettere ai detriti flottanti di essere evacuati.

Per quanto possibile essi devono essere realizzati come sfioratore libero senza sovrastrutture (come ad es. ponti su traverse, ponti stradali o passerelle pedonali).

Le dimensioni necessarie delle aperture di scarico risultano dalla lunghezza prevista dei tronchi; quest'ultima è stimabile mediante osservazioni in caso di piena oppure analizzando la popolazione arborea presso le rive. La larghezza dell'apertura di scarico deve essere superiore all'80% della lunghezza prevista dei tronchi [Godtland & Tesaker 1994]. In assenza di tali indicazioni, i valori indicativi per la larghezza minima dell'apertura di scarico possono essere ricavati dalla tabella 4 [CFBR 2013].

Quota di ritenuta	$z \leq 600$ m s.l.m.	$600$ m s.l.m. $< z < 1800$ m s.l.m.	$z \geq 1800$ m s.l.m.
Larghezza minima dell'apertura di scarico	15 m	Interpolazione lineare	4 m

Tabella 4: larghezza minima dell'apertura di scarico a seconda della quota di ritenuta  $z$ .

L'altezza dell'apertura di scarico, data dalla distanza tra la soglia corrispondente e il bordo inferiore di un eventuale ponte su traversa o di altre costruzioni, non deve essere inferiore al 15% della lunghezza prevista dei tronchi, purché la larghezza dell'apertura sia superiore al 110% della lunghezza determinante dei tronchi. Se la larghezza dell'apertura si situa invece tra l'80% e il 110% della lunghezza dei tronchi, l'altezza corrispondente non deve essere inferiore al 20% della lunghezza dei tronchi [Godtland & Tesaker 1994].



Se la distanza tra i ponti su traverse (o altre costruzioni) e il livello di ritenuta nella situazione straordinaria (cfr. figura 6) è inferiore ai valori riportati nella tabella 5 [CFBR 2013], si deve assumere un rischio elevato di intasamento; per valutare il rischio effettivo sono necessari ulteriori accertamenti.

Altezza dello sfioro (cfr. figura 6) nella situazione straordinaria	$h_u \leq 2 \text{ m}$	$h_u > 2 \text{ m}$
Distanza minima (cfr. figura 6) nella situazione straordinaria	2 m	1,5 m

Tabella 5: distanza minima tra i ponti su traverse (o altre costruzioni) e il livello di ritenuta, al di sotto della quale esiste un rischio elevato di intasamento.

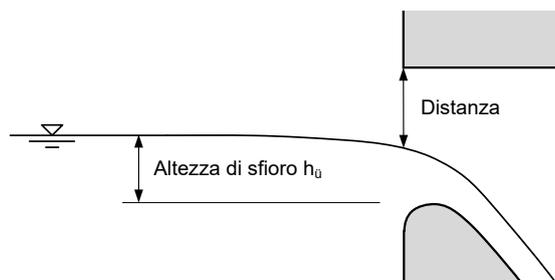


Figura 6: altezza dello sfioro e distanza da altri elementi.

### 2.6.1.3. Ritenzione dei detriti flottanti nel bacino

In generale una ritenzione nel bacino può essere ammessa per impianti di accumulazione con un grado di ritenuta (relazione tra il volume di ritenuta e la portata annua totale) relativamente importante di 0.2 o più, e se le variazioni del livello del bacino rimangono contenute. I detriti flottanti possono essere trattenuti nel bacino mediante griglie a monte, setti di divisione o barriere flottanti. Questi dispositivi devono essere dimensionati secondo lo stato delle conoscenze tecniche. Essi devono essere disposti in zone di piccole velocità di scorrimento e pertanto ad una distanza sufficiente dallo sfioratore.

### 2.6.2. Prevenzione della formazione di fosse di erosione

Per evitare la formazione di fosse di erosione che potrebbero minare la stabilità dell'opera di sbarramento, la base dell'opera di sbarramento deve essere a prova di erosione. Vanno osservati i seguenti principi:

- il deflusso attraverso gli sfioratori dev'essere attenuato in un'opera di trasformazione dell'energia (bacino di smorzamento) oppure, se le condizioni topografiche e geologiche lo consentono, evacuato tramite uno sfioratore a salto di sci;
- se non è previsto un bacino di smorzamento alla base dell'impianto, bisogna determinare la geometria della fossa di erosione in formazione ed eventualmente verificare anche la stabilità dell'opera di sbarramento in questa zona;
- nei bacini di ritenuta di materiale solido bisogna tenere conto dell'effetto amplificato delle fosse di erosione dovuto alla presenza di materiale solido.



### 2.6.3. Prevenzione del mancato funzionamento di dispositivi di comando

Il mancato funzionamento di dispositivi di comando degli organi mobili degli sfioratori deve essere evitato attraverso sistemi robusti e ridondanti. Inoltre bisogna prevedere sistemi di ripiego. Occorre osservare i seguenti principi:

- trasduttori di misura, comandi e aggregati devono essere robusti. I trasduttori di misura e i dispositivi di comando devono essere ridondanti. Va predisposta un'alimentazione elettrica d'emergenza indipendente (solitamente impianto UPS per il dispositivo di comando e gruppo di emergenza per la movimentazione);
- se gli organi mobili sono comandati a distanza deve esserci anche la possibilità di comando pul posto;
- gli organi mobili devono poter essere sempre manovrati anche manualmente;
- anche in una situazione estrema i dispositivi per l'esercizio manuale, per la movimentazione e di comando devono rimanere accessibili. L'approvvigionamento energetico, come pure le relative condotte, non devono poter essere compromessi dalla piena.

## 2.7. Situazioni particolari

### 2.7.1. Impianti di accumulazione di classe III

Per gli impianti di accumulazione di classe III l'autorità di vigilanza può:

- modificare la situazione straordinaria, ad esempio rendere meno severi i requisiti per la piena di dimensionamento o il necessario bordo franco di sicurezza;
- rinunciare a una verifica della situazione estrema se sono soddisfatti i corrispondenti requisiti in materia di protezione della popolazione dai pericoli naturali per il caso di sovraccarico secondo [UFAEG 2001].

### 2.7.2. Argini di ritenuta

Gli argini di ritenuta sono argini laterali collocati nell'area d'influenza di traverse mobili per lo sbarramento di fiumi. L'area d'influenza si estende al massimo oltre il tratto di fiume in concessione o fino alla fondazione a valle di un impianto di accumulazione situato a monte (cfr. figura A13 nella parte A della direttiva).

Per gli argini di ritenuta nella zona contigua di una traversa mobile<sup>11</sup> i requisiti di sicurezza contro le piene sono stabiliti nella presente parte della direttiva.

Per gli argini di ritenuta fuori dalla zona contigua di una traversa mobile<sup>11</sup> si applicano le corrispondenti disposizioni di concessione; la presente parte della direttiva stabilisce unicamente i requisiti minimi.

Previa consultazione delle autorità cantonali competenti in materia di protezione contro le piene, per determinate sezioni degli argini di ritenuta l'autorità di vigilanza può stabilire requisiti più severi.

---

<sup>11</sup> L'autorità di vigilanza stabilisce l'area contigua di una traversa mobile; a tal fine si considera l'influsso della zona contigua sulla stabilità della traversa mobile.



### **2.7.3. Lavori di revisione o costruzione**

Gli eventi di piena da deviare durante i periodi di revisione o costruzione devono essere stabiliti tenendo conto dei possibili effetti su terzi.

Per quanto possibile i lavori di revisione di sfioratori e dispositivi di scarico devono essere svolti al di fuori della stagione delle piene.

### **2.7.4. Sicurezza contro le piene dopo un terremoto**

Dopo un terremoto deve poter essere gestito un evento di piena con un periodo di ritorno di almeno dieci anni (cfr. parte direttiva C3, capitolo 2.2.).



### 3. Criteri di dimensionamento per i dispositivi di scarico

#### 3.1. Requisiti generali

I dispositivi di scarico devono essere dimensionati tenendo conto dei seguenti scopi:

- a) abbassamento del livello di invaso in caso di pericolo imminente di una fuoriuscita incontrollata dell'acqua (cfr. cap. 3.2)
- b) abbassamento del livello di invaso in caso di minaccia militare (cfr. cap. 3.3)
- c) abbassamento del livello di invaso per attività di controllo e manutenzione (cfr. cap. 3.4)
- d) mantenimento del livello di invaso dopo un suo abbassamento (cfr. cap. 3.5)
- e) regolazione del livello di invaso durante la messa in esercizio (cfr. cap. 3.6)
- f) spurgo della ritenuta (cfr. cap. 3.7)
- g) evacuazione delle piene (cfr. cap. 3.8)

Il dispositivo di scarico deve essere ubicato in modo da poter soddisfare gli obiettivi sopra elencati, tenendo conto del probabile sviluppo dei sedimenti e dei possibili movimenti di massa nella ritenuta.

#### 3.2. Abbassamento del livello di invaso in caso di pericolo imminente di una fuoriuscita incontrollata dell'acqua

La forza esercitata dalla pressione dell'acqua deve poter essere dimezzata entro otto giorni a partire dalla quota di ritenuta iniziale (conformemente al cap. 2.2). Inoltre la ritenuta deve poter essere svuotata entro i tempi massimi fissati nella tabella 6<sup>12</sup>. Nel fare ciò bisogna considerare gli afflussi corrispondenti alle medie pluriennali degli afflussi estivi naturali. Eventuali quantità d'acqua turbinabili possono essere conteggiate nella capacità di scarico.

Volume della ritenuta	$V \leq 1 \text{ mio. m}^3$	$1 \text{ mio. m}^3 < V < 10 \text{ mio. m}^3$	$V \geq 10 \text{ mio. m}^3$
Tempo massimo di svuotamento	(da 1 a) 3 giorni	Interpolazione lineare	21 giorni

Tabella 6: tempo di svuotamento in funzione del volume della ritenuta.

D'intesa con l'autorità di vigilanza, la capacità dei dispositivi di scarico necessaria per lo svuotamento può essere modificata tenendo conto della capacità di deflusso del corso d'acqua ricettore.

<sup>12</sup> L'obiettivo di svuotamento specifico dell'impianto deve essere stabilito d'intesa con l'autorità di vigilanza. Nel fare ciò occorre considerare i danni previsti a terzi causati da una rottura dell'impianto di accumulazione il cui livello d'invaso corrisponde al livello stabilito.



### **3.3. Abbassamento del livello di invaso in caso di minaccia militare**

In caso di minaccia militare, il livello d'invaso degli impianti di accumulazione che soddisfano i criteri per l'installazione di un sistema d'allarme acqua secondo l'art. 11 LImA e l'art. 26 OlmA, deve poter essere abbassato entro tre giorni fino al livello critico militare<sup>13</sup>. Nel fare ciò bisogna tenere conto degli afflussi corrispondenti alle medie pluriennali degli afflussi estivi naturali. Eventuali quantità d'acqua turbinabili possono essere conteggiate nella capacità di scarico.

Nelle dighe in calcestruzzo o in muratura il livello critico militare corrisponde al livello in cui la diga è spessa 15 m e nelle dighe in materiale sciolto al livello posto 20 m sotto il coronamento della diga. Il livello critico militare può essere fissato ad una quota superiore, qualora per un livello di ritenuta a tale quota non sussista un pericolo elevato secondo l'art. 26 cpv. 2 OlmA.

D'intesa con l'autorità di vigilanza, la capacità dei dispositivi di scarico necessaria per lo svuotamento può essere modificata tenendo conto della capacità di deflusso del corso d'acqua ricettore.

### **3.4. Abbassamento del livello di invaso per attività di controllo e manutenzione**

Non vengono forniti valori indicativi circa i requisiti della capacità dei dispositivi di scarico per l'abbassamento del livello di invaso per attività di controllo e manutenzione.

### **3.5. Mantenimento del livello di invaso dopo un suo abbassamento per motivi di sicurezza**

La capacità dei dispositivi di scarico deve essere sufficiente per mantenere basso il livello di ritenuta. A tal fine occorre verificare che gli afflussi diretti naturali fino a un periodo di ritorno di cinque anni possono essere evacuati senza provocare un innalzamento del livello di invaso. Per la verifica si assume che il livello di invaso abbassato corrisponde al livello in cui si dimezza la forza esercitata dalla pressione dell'acqua. Solitamente questo livello è pari o superiore al 71% dell'altezza d'invaso. Eventuali quantità d'acqua turbinabili possono essere conteggiate nella capacità di scarico.

Questi requisiti non si applicano alle traverse su fiumi, agli impianti per la protezione contro i pericoli naturali e agli impianti che non soddisfano il criterio di assoggettamento geometrico secondo l'art. 2 cpv. 1 LImA.

### **3.6. Regolazione del livello di invaso durante la messa in esercizio**

I requisiti circa la capacità dei dispositivi di scarico per la regolazione del livello di invaso durante la messa in esercizio di un impianto coincidono con quelli per il mantenimento della quota di ritenuta dopo un abbassamento del livello di invaso per motivi di sicurezza.

---

<sup>13</sup> Se in un impianto di accumulazione esistente questo requisito non è soddisfatto, la capacità di scarico non deve essere per questo motivo ampliata; tuttavia essa non deve essere nemmeno diminuita.



### **3.7. Spurghi del bacino**

I requisiti circa la capacità dei dispositivi di scarico per lo spurgo della ritenuta hanno essenzialmente un carattere d'esercizio e pertanto non sono oggetto della presente parte di direttiva.

### **3.8. Evacuazione delle piene**

I dispositivi di scarico possono contribuire alla capacità totale di evacuazione da un impianto, sempre che siano azionabili anche in caso di evento di piena straordinaria o estrema. Ulteriori indicazioni in merito si trovano nel capitolo 2.

### **3.9. Requisiti tecnici dei dispositivi di scarico**

I dispositivi di scarico devono essere realizzati in modo da evitare un'ostruzione provocata da materiale solido nonché un blocco degli organi mobili. Le superfici delle sezioni, le griglie di presa e le distanze tra le paratoie di revisione e d'esercizio devono essere adeguatamente dimensionate. Inoltre gli elementi devono essere concepiti in modo che il loro funzionamento non venga compromesso dalla formazione di ghiaccio.

In caso di rischio di ostruzione da sedimenti, nella ritenuta vanno previste adeguate misure costruttive preventive o spurghi regolari al fine di garantire una presa libera da sedimenti.

Servomotori di organi mobili devono disporre di un'alimentazione elettrica d'emergenza. Questi organi devono sempre poter essere azionati anche manualmente. Per gli impianti di accumulazione di classe III di solito è sufficiente prevedere unicamente una movimentazione manuale.

In caso di organi comandati a distanza l'apertura deve avvenire gradualmente, affinché si possa evitare un'involontaria apertura totale.

Negli impianti di accumulazione di nuova costruzione di classe I e II i dispositivi di scarico devono disporre di almeno due organi mobili (paratoia di revisione e d'esercizio).



## **4. Prove di funzionamento degli sfioratori e dei dispositivi di scarico**

### **4.1. Entità del controllo**

Almeno una volta all'anno è necessario controllare la funzionalità di tutti gli organi mobili, qualora questi non fossero già stati in funzione nel corso dell'anno.

Il controllo deve riguardare tutti i componenti, in particolare:

- il servomotore (compreso l'azionamento manuale)
- il comando (locale, a distanza, regolazione)
- l'approvvigionamento energetico (inclusa l'alimentazione elettrica d'emergenza).

È necessario inoltre controllare l'interazione tra i singoli componenti.

Va infine controllato lo stato degli sfioratori e dei dispositivi di scarico, in particolare:

- le parti idromeccaniche (paratoie, valvole, profili delle guide, guarnizioni, servomotori)
- le prese
- le gallerie e i pozzi non bagnati
- i dispositivi di sbocco, gli scivoli
- la base dello sbarramento.

Lo svolgimento delle prove di funzionamento deve essere stabilito nel regolamento di sorveglianza. Se possibile la prova viene effettuata dalle persone che azionano gli organi mobili in caso di evento secondo il regolamento di manovra delle paratoie e il regolamento d'emergenza.

La prova di funzionamento degli organi mobili deve avvenire in condizioni simili a quelle di una situazione straordinaria che richieda l'azionamento di questi organi. In particolare il controllo deve essere effettuato con scorrimento d'acqua (prova con scarico d'acqua) e con livello di invaso elevato. Il livello di invaso minimo per la prova viene stabilito nel regolamento di sorveglianza.

Prima di iniziare il controllo della funzionalità occorre verificare lo stato dei dispositivi di scarico (incluse gallerie e scivoli), rimuovendo eventuali ostacoli, quali neve o depositi. Inoltre bisogna assicurarsi che non ci sia nessuno nel corso d'acqua toccato dalle prove o nelle sue immediate vicinanze.

### **4.2. Prova di funzionamento degli organi mobili dei dispositivi di scarico**

Per la prova di funzionamento degli organi mobili dei dispositivi di scarico con scarico d'acqua è sufficiente aprire parzialmente la paratoia d'esercizio. Il grado d'apertura viene stabilito nel regolamento di sorveglianza e solitamente è pari a 10 cm. La paratoia può essere chiusa immediatamente dopo, in modo da limitare la quantità d'acqua evacuata. Dopo questa apertura parziale, la paratoia d'esercizio può essere aperta completamente con paratoia di revisione chiusa o dopo posa di panconi di tura. Il procedimento standard è descritto nell'allegato 2.



#### **4.3. Prova di funzionamento degli organi mobili degli sfioratori**

Anche gli organi mobili degli sfioratori (quali paratoie a scorrimento, paratoie a segmento e valvole) devono essere sottoposti alle prove di funzionamento. Se le condizioni di deflusso lo permettono, gli organi vanno controllati con scorrimento d'acqua. In caso contrario va eseguito un controllo dettagliato del servomotore e se possibile un'apertura totale (senza scarico d'acqua).

#### **4.4. Prova di funzionamento degli organi mobili di traverse mobili su fiumi**

Gli organi mobili delle traverse su fiumi vanno sottoposti alle prove di funzionamento qualora questi non fossero già stati in funzione nel corso dell'anno. La prova di funzionamento annuale si limita a un'apertura parziale.

Se le condizioni d'esercizio lo permettono e non vi sono pericoli per gli impianti a valle, i controlli della funzionalità mediante apertura totale vanno previsti secondo una pianificazione pluriennale per i singoli organi.

#### **4.5. Prova di funzionamento degli organi mobili dei bacini di ritenuta**

Gli organi mobili dei dispositivi di scarico dei bacini di ritenuta e delle opere per la stabilizzazione dell'alveo possono essere controllati senza scarico d'acqua.

#### **4.6. Verbale della prova di funzionamento**

La prova di funzionamento deve essere messa a verbale. Il verbale comprende in particolare lo svolgimento della prova, il grado d'apertura, la durata dei processi di apertura e chiusura, la pressioni idrauliche, una nota sull'azionamento manuale, eventuali avvenimenti e differenze rispetto al procedimento secondo il regolamento di sorveglianza.

I risultati della prova di funzionamento vengono valutati dal professionista esperto e inseriti nel rapporto annuale. A tal fine devono essere integrati valori previsti e valori da precedenti misurazioni. Il verbale della prova di funzionamento deve essere allegato al rapporto annuale.



## 5. Regolamento di manovra delle paratoie

### 5.1. Scopo e contenuto del regolamento di manovra delle paratoie

I gestori di tutti gli impianti di accumulazione con sfioratori o dispositivi di scarico muniti di organi mobili devono redigere un regolamento di manovra delle paratoie e sottoporlo all'autorità di vigilanza per approvazione.

Il regolamento di manovra delle paratoie illustra le modalità di azionamento degli organi mobili in caso di eventi di piena. Esso stabilisce esclusivamente l'impiego degli organi mobili rilevante ai fini della sicurezza e non in fase d'esercizio. In particolare occorre riportare:

- la posizione degli organi mobili a dipendenza del livello di ritenuta (solitamente fino alla sua apertura completa, tuttavia come minimo fino al livello di apertura con il quale può essere evacuata la piena di sicurezza);
- le condizioni e la tempistica per l'equipaggiamento dello sbarramento con personale del gestore (condizioni atmosferiche, livello di ritenuta);
- il procedimento di azionamento manuale degli organi in caso di mancato funzionamento del dispositivo di comando.

Se gli afflussi fino alla piena di sicurezza vengono deviati senza l'apertura degli organi mobili, nel regolamento di manovra delle paratoie bisogna indicare che nella gestione di un evento di piena gli organi mobili non vanno azionati.

Il regolamento di manovra delle paratoie comprende inoltre:

- le ipotesi alla base della verifica di sicurezza contro le piene (piena di dimensionamento  $Q_B(t)$ , piena di sicurezza  $Q_S(t)$ , quota di ritenuta iniziale, livello di pericolo, bordo franco di sicurezza, capacità di scarico considerate, riferimenti a corrispondenti studi idrologici);
- il volume della ritenuta in funzione della quota di ritenuta;
- la capacità degli sfioratori e dei dispositivi di scarico in funzione della quota di ritenuta;
- la capacità delle turbine e la quota di ritenuta minima d'esercizio per il turbinaggio;
- i dati tecnici e i piani degli sfioratori e dei dispositivi di scarico;
- le ubicazioni per l'azionamento degli organi mobili degli sfioratori e dei dispositivi di scarico.

Il regolamento di manovra delle paratoie deve essere collocato in tutti i punti in cui possono essere azionati gli organi mobili degli sfioratori e dei dispositivi di scarico.



## **5.2. Redazione del regolamento di manovra delle paratoie**

Nella redazione del regolamento di manovra delle paratoie va osservato quanto segue:

- in caso di piena gli organi mobili devono essere manovrati in modo che il deflusso di picco non superi l'afflusso di picco previsto nella ritenuta<sup>14</sup>.
- Il deflusso deve essere innalzato lentamente; per quanto possibile vanno evitate variazioni repentine.

## **5.3. Esame e approvazione del regolamento di manovra delle paratoie da parte dell'autorità di vigilanza**

L'autorità di vigilanza esamina se le procedure descritte nel regolamento consentono di gestire eventi di piena fino alla piena di sicurezza.

Altri aspetti, in particolare di carattere ecologico e d'esercizio, non sono né oggetto dell'esame né dell'approvazione del regolamento.

Su richiesta delle autorità cantonali competenti per la protezione della popolazione, l'autorità di vigilanza mette a disposizione una copia del regolamento di manovra delle paratoie approvato.

---

<sup>14</sup> Con le competenti autorità cantonali si possono stabilire accordi diversi, ad es. ai fini della protezione contro le piene.



## 6. Bibliografia

- Barben, M. (2001). Beurteilung von Verfahren zur Abschätzung seltener Hochwasserabflüsse in mesoklimatischen Einzugsgebieten. Tesi di dottorato all'Istituto di Geografia dell'Università di Berna, Berna.
- Biedermann, R., Delley, P., Flury, K., Hauenstein, W., Lafitte, R. & Lombardi, G. (1988). Safety of Swiss Dams against Floods; Design Criteria and Design Flood. *Trans. 16th ICOLD Congress*, San Francisco, CA, Question No. 63, R. 22, 345-369.
- Burton, A., Kilsby, C. G., Moaven-Hashemi, A., & O'Connell, P. E. (2004). Neyman-Scott Rectangular Pulses Rainfall Simulation System. BETWIXT Technical Briefing Note 2.
- CFBR (2013). Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages. Comité Français des Barrages et Réservoirs (CFBR).
- Coles, S. (2001). An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values.
- CSD (2017). Rapporto finale del gruppo di lavoro sui detriti flottanti. Comitato svizzero delle dighe, [www.swissdams.ch](http://www.swissdams.ch) (in preparazione).
- Davison, A. C. & R. L. Smith (1990). Models for Exceedances over High Thresholds. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* **52** (3), 393-442.
- Fréchet, M. (1927). Sur la loi de probabilité de l'écart maximum. *Annales de la société polonaise de mathématique (Rocznik polskiego tow. matematycznego)* **5**, 93-116.
- Godtland, K. & Tesaker, E. (1994). Clogging of spillways by trash. *Proc. 18th ICOLD Kongress*, Durban, 543-557.
- Guillot, P. & Duband, D. (1967). La méthode du Gradex pour le calcul de la probabilité des crues à partir des pluies. *International Association of Hydrological Sciences Publications* **84**, 560-569.
- Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes*. New York, Columbia University Press.
- Hertig, J.-A., Fallot, J.-M. & Brena, A. (2007). Etablissement des cartes de précipitations extrêmes pour la Suisse, Méthode d'utilisation des cartes de PMP pour l'obtention de la PMF, Projet Cruex, Directive sulle piene dell'UFE.
- Hingray, B., Picouet, C. & Musy, A. (2014). *Hydrology- a science for engineers*. Boca Raton, CRC Press.
- Jenkinson, A. F. (1955). The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **81** (348), 158-171.
- Kan, C. (1995). Die höchsten in der Schweiz beobachteten Abflussmengen bis 1990. Tesi di laurea nel gruppo di idrologia dell'Istituto di Geografia dell'Università di Berna, Publikation Gewässerkunde (169), Berna.
- Kölla, E. (1987). Estimating flood peaks from small rural catchments in Switzerland. *Journal of Hydrology* **95**, 203-225.
- Kuichling, E. (1889). The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. *Transactions, American Society of Civil Engineers* **20**, 1-56.



- Kürsteiner, L. (1917). Das neue Elektrizitätswerk der Stadt Chur. *Schweiz. Bauzeitung* **1**, 4-8, Zurigo.
- Margoum, M., Oberlin, G., Lang, M., & Weingartner, R. (1994). Estimation des crues rares et extrêmes: principes du modèle Agregée. *Hydrologie Continentale* **9** (1), 85-100.
- Melli, E. (1924). Die Dimensionierung städtischer Kanäle, *Schweizerische Bauzeitung* **83/84**, 137-141.
- MeteoSvizzera (2016). Analisi dei valori estremi. <[www.meteosvizzera.admin.ch/home/clima/passato/estremi-climatici/analisi-dei-valori-estremi.html](http://www.meteosvizzera.admin.ch/home/clima/passato/estremi-climatici/analisi-dei-valori-estremi.html)>.
- Meylan, P., Favre, A. C. & Musy, A. (2008). Hydrologie fréquentielle: une science prédictive. PPUR presses polytechniques.
- Müller, R. (1943). Theoretische Grundlagen der Fluss- und Wildbachverbauung. Comunicazione VAW n° 4 (Meier-Peter, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Politecnico federale di Zurigo.
- Sinniger, R. & Hager, W. H. (1984). Retentionsvorgänge in Speicherseen. *Schweizer Ingenieur und Architekt* **102** (26), 535-539.
- UFAEG (2001). Protection contre les crues des cours d'eau, direttiva.
- UFAEG (2003). Evaluation des crues dans les bassins versants de Suisse, guida pratica, rapporti dell'UFAEG, serie Acqua, n. 4.
- UFAM (2007). Atlante idrologico della Svizzera HADES.
- UFE (2008). Documentation de base relative à la vérification de la sécurité en cas de crue, sécurité des ouvrages d'accumulation.
- UFE (2015). Vollzugshilfe zur Stauanlagengesetzgebung betreffend den Bau und den Betrieb von Stauanlagen an der Aare unter direkter Bundesaufsicht.
- UFE & RPF (2013). Sicherheitstechnische Anforderungen an den Bau und den Betrieb von Stauanlagen am Hochrhein.
- Weingartner, R. (1999). Regionalhydrologische Analyse - Grundlagen und Anwendungen. *Beiträge zur Hydrologie der Schweiz* **37**.
- WMO (2009). Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP). Ginevra, World Meteorological Organization.
- Würzer, S., Jonas, T., Wever, N. & Lehning, M. (2016). Influence of initial snowpack properties on runoff formation during rain-on-snow events. *Journal of Hydrometeorology* **17** (6), 1801-1815.
- Zeimetz, F. (2017). Development of a methodology for extreme flood estimations in alpine catchments for the verification of dam safety. In: Schleiss, A.J. (Ed.), Communication N° 68. Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Switzerland, ISSN 1661-1179.
- Zeller, J. (1975). Berechnung der Abflusswassermenge. Beilage zur Vorlesung «Wildbach- und Hangverbau», Abteilung VI, PF Zurigo.



## Allegato 1 – Metodi correnti per la stima degli eventi di piena

	Metodo	Riferimenti	Campo d'applicazione		
			Periodo di ritorno [anni]	Ampiezza del bacino idrografico [km <sup>2</sup> ]	Caratteristiche del bacino idrografico
<b>M1</b>	Estrapolazione statistica degli afflussi con l'aiuto di distribuzioni dei valori estremi  Base di dati utilizzata: «Annual flood series AFS» o «Peak over threshold POT»	[Fréchet 1927, Gumbel 1958, Coles 2001]  AFS: [Jenkinson 1955]  POT: [Davison & Smith 1990]	Fino a 2-3 volte il periodo di osservazione (AFS)	-	Vanno eseguiti test stazionari. Vale in particolare per bacini idrografici con neve, ghiacciai o carsismo.
	Gradex	[Guillot & Duband 1967]	1000-10'000	Fino a 5'000	Per i bacini idrografici senza neve, ghiacciai o carsismo
	Agregée	[Margoum et al. 1994]	10-10'000	Fino a 5'000	Per i bacini idrografici senza neve, ghiacciai o carsismo
<b>M2</b>	Estrapolazione statistica delle precipitazioni con l'aiuto di distribuzioni dei valori estremi	[Coles 2001, Meylan et al. 2008]	Fino a 2-3 volte il periodo di osservazione	-	-
<b>M4</b>	PMP-PMF	[WMO 2009, Hertig et al. 2007, Zeimet 2017]	-	5-200 (per le cartine PMP della Svizzera)	-
<b>Metodi empirici e pseudo-empirici</b>	BaD7	[Barben 2001, UFAEG 2003]	a piacere	10-200	Non adatto a bacini idrografici con caratteristiche estreme (ad es. bacini idrografici urbani o regioni con ampi ghiacciai)
	GIUB '96	[Kan 1995, Weingartner 1999, UFAEG 2003]	100 (come pure piena massima)	10-500	-
	Müller-Zeller	[Müller 1943, Zeller 1975, UFAEG 2003]	ca. 100	2-100	Problematico nei bacini idrografici alpini e fortemente urbanizzati
	Kürsteiner	[Kürsteiner 1917, UFAEG 2003]	ca. 100	5-500	-
	Melli	[Melli 1924]	Piena massima	0,3-10'000	-
	Formula razionale	[Kuichling 1889, UFAEG 2003, Hingray et al. 2014]	-	-	-
	Kölla meso	[Kölla 1987, UFAEG 2003]	2,33, 20 o 100	10-500	Problematico nei bacini idrografici alpini e fortemente urbanizzati; non adatto per i bacini idrografici con caratteristiche estreme (ad es. regioni con ampi ghiacciai o altitudini medie elevate)



## **Allegato 2 – Usuale svolgimento della prova di funzionamento degli organi mobili di un dispositivo di scarico**

### **Svolgimento della prova di funzionamento di un solo organo mobile**

Nei dispositivi di scarico muniti di un solo organo mobile questo viene aperto solo parzialmente (di regola di almeno 10 cm).

### **Svolgimento della prova di funzionamento di due organi mobili contigui**

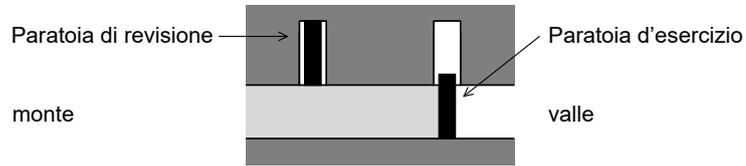
Il controllo della funzionalità di due organi mobili contigui avviene solitamente come da figura 7.

### **Svolgimento della prova di funzionamento di max. tre organi mobili contigui**

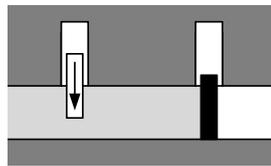
Il gestore designa l'organo mobile che funge da paratoia d'esercizio e quello che funge da paratoia di revisione. Il controllo della funzionalità di entrambe queste paratoie avviene come da figura 7. Il terzo organo può essere considerato come paratoia di revisione supplementare e viene controllato senza scorrimento d'acqua.



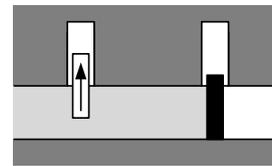
**0) Situazione di partenza**



**1) Prova di funzionamento della paratoia di revisione**

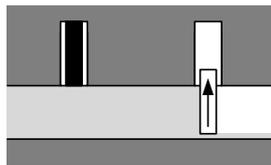


1a) chiusura totale

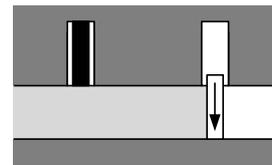


1b) apertura totale

**2) Prova della paratoia d'esercizio con scarico d'acqua**

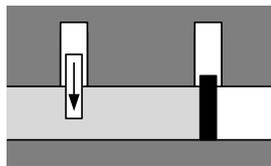


2a) apertura parziale (min. 10 cm)

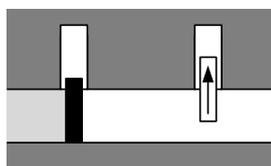


2b) chiusura

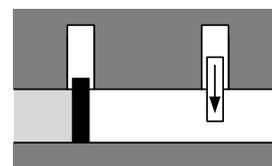
**3) Chiusura della paratoia di revisione**



**4) Prova della paratoia d'esercizio**

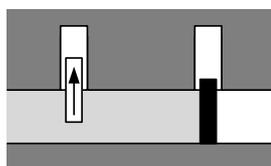


4a) apertura totale



4b) chiusura totale

**5) Apertura della paratoia di revisione**



*Figura 7: procedura per la prova di funzionamento di due organi mobili contigui.*