



# Strategia d'emergenza in caso di innalzamento straordinario del livello di ritenuta

*Documento ausiliario UFE*

L'ultima versione sostituisce le precedenti

<b>Versione</b>	<b>Modifica</b>	<b>Data</b>
2.0	Revisione nel quadro della revisione totale della direttiva UFAEG/UFPP 2004 per il piano d'emergenza degli impianti di accumulazione	1.5.2015



## Indice

1	Introduzione e regole di base.....	3
1.1	Introduzione	3
1.2	Regole di base per l'attivazione dei gradi di pericolo	3
1.3	Delimitazione rispetto al regolamento di manovra delle paratoie	4
2	Procedura per la definizione dei gradi di pericolo.....	5
2.1	Definizione della quota di pericolo $K_G$	5
2.2	Definizione della quota critica $K_{krit}$	5
2.3	Raffigurazione grafica e tabella ausiliaria	5
2.4	Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 5	6
2.5	Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 4	7
2.6	Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 3	7
2.7	Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 2	8
3	Verifica dell'adeguatezza della strategia elaborata .....	9
4	Sorveglianza del livello di ritenuta e della velocità d'innalzamento.....	10



# 1 Introduzione e regole di base

## 1.1 Introduzione

La strategia d'emergenza in caso di innalzamento straordinario del livello di ritenuta si applica quando il livello di una ritenuta potrebbe innalzarsi fino a un livello pericoloso per lo sbarramento, nel caso più estremo fino alla quota di pericolo (con successiva rottura dello sbarramento). Nella strategia d'emergenza sono stabiliti i provvedimenti da adottare (e le relative tempistiche) per la gestione dell'emergenza; l'obiettivo consiste nel garantire un allarme tempestivo alla popolazione e la sua evacuazione.

Un tale innalzamento straordinario del livello di ritenuta può verificarsi in particolare nel caso di piene estreme, ma anche di impossibilità di manovrare le paratoie o di intasamento di un organo di scarico (scarico di superficie, scarico di fondo). Eventi di questo tipo possono evolvere in modo estremamente rapido; pertanto è indispensabile stabilire delle regole per l'attivazione dei gradi di pericolo e l'adozione di misure adeguate. Queste regole devono essere semplici e chiare affinché il personale dell'impianto possa riconoscere facilmente la minaccia e agire in maniera autonoma: l'ideale è rappresentarle graficamente. L'elaborazione di queste regole, specifiche all'impianto rientra nella strategia d'emergenza in caso di innalzamento straordinario del livello di ritenuta.

## 1.2 Regole di base per l'attivazione dei gradi di pericolo

Per la definizione dei gradi di pericolo si applicano le seguenti regole di base. I tempi indicati, da considerare come valori standard, sono da orientare verso un obiettivo preciso: dare alla popolazione il tempo sufficiente per fuggire da un'onda di piena provocata dalla rottura di uno sbarramento.

Pertanto i tempi e le regole generalmente devono essere adattati a seconda della situazione (ad es. dimensioni della ritenuta, distanza tra sbarramento e popolazione, numero di persone colpite, complessità di un'evacuazione ecc.). Nel fare ciò bisogna considerare la presenza di eventuali complicazioni che possono insorgere ad esempio a causa del maltempo. Tali complicazioni vengono individuate e valutate durante l'analisi dei pericoli.

Grado di pericolo 5 (GP 5)	Da attivare in modo che la popolazione, a cui è stato dato l'allarme ma che di regola è già stata preallertata, possa mettersi in sicurezza. La regola generale prevede l'attivazione 60 minuti prima del raggiungimento della quota di pericolo dell'impianto di accumulazione, ossia 60 minuti prima della rottura dello sbarramento.
Grado di pericolo 4 (GP 4)	Da attivare in modo che la popolazione possa prepararsi a un'eventuale evacuazione. La regola generale prevede l'attivazione 60 minuti prima dell'attivazione del grado di pericolo 5 (o 60 minuti prima dell'inizio dell'evacuazione) o 120 minuti prima del raggiungimento della quota di pericolo dell'impianto di accumulazione.
Grado di pericolo 3 (GP 3)	Da attivare in modo che il personale dell'organizzazione per i casi d'emergenza del gestore possa recarsi tempestivamente allo sbarramento prima dell'attivazione del grado di pericolo 4 e insediarsi nella centrale d'allarme acqua o nei posti di osservazione.



Grado di pericolo 2 (GP 2)      Da attivare quando è necessario seguire in tempo reale l'innalzamento del livello di ritenuta e per poter attivare puntualmente il grado di pericolo 3.

### **1.3 Nesso tra le misure della strategia d'emergenza ed il regolamento di manovra delle paratoie**

Il regolamento di manovra delle paratoie stabilisce in modo vincolante le modalità di utilizzo degli organi mobili dei dispositivi di scarico (scarico di superficie, scarichi di fondo o intermedi) in caso di piena. In particolare viene indicato il necessario grado di apertura di questi organi in base al livello di ritenuta. Il regolamento copre tutti i possibili casi di piena, incluso quello della piena di sicurezza. La verifica del passaggio della piena di sicurezza è una delle parti della verifica della sicurezza strutturale dello sbarramento. Nel caso di una piena di sicurezza la quota di pericolo dell'impianto di accumulazione non viene superata.

Nel caso sia compromessa la capacità dei dispositivi di scarico (ad es. per un'ostruzione) oppure di una piena di dimensioni maggiori della piena di sicurezza, la situazione potrebbe non essere più totalmente gestibile. Di conseguenza in tali casi la popolazione deve essere tempestivamente evacuata dalla zona di pericolo, ossia dalla zona di inondazione. La strategia d'emergenza in caso di innalzamento straordinario del livello di ritenuta contiene tutti i provvedimenti da adottare in via precauzionale nel caso di peggioramento della situazione. Le misure previste dal regolamento di manovra delle paratoie e le misure della strategia d'emergenza procedono in parallelo; queste ultime generalmente vengono attivate successivamente (e più raramente).



## 2 Procedura per la definizione dei gradi di pericolo

### 2.1 Definizione della quota di pericolo $K_G$

La quota di pericolo  $K_G$  corrisponde al livello di ritenuta al raggiungimento del quale la sicurezza dell'impianto viene compromessa da danni rilevanti che si verificano in successione quali: danni al coronamento della diga, erosione degli appoggi o delle fondazioni, scalzamento alla base dell'impianto, erosione interna e innalzamento delle sottopressioni. La quota di pericolo viene stabilita da un ingegnere specializzato.

### 2.2 Definizione della quota critica $K_{krit}$

La quota critica  $K_{krit}$  corrisponde alla quota a partire dalla quale con l'afflusso della piena di sicurezza il livello di ritenuta si innalzerebbe fino a raggiungere la quota di pericolo  $K_G$ .

Per la determinazione della quota critica si applicano le stesse condizioni marginali in merito alla disponibilità degli organi mobili dei dispositivi di scarico e delle turbine come nella prova della sicurezza contro le piene.

La quota critica viene determinata in modo iterativo come segue:

- ipotesi di una quota critica  $K_{krit\_1}$  (ad es. livello normale massimo)
- calcolo della quota di ritenuta  $K_{G\_1}$  risultante dal calcolo della ritenzione con l'idrogramma di portata entrante della piena di sicurezza
- confronto tra la quota di ritenuta calcolata  $K_{G\_1}$  e la quota di pericolo  $K_G$
- aumento della quota critica  $K_{krit\_1}$  ipotizzata nella misura della differenza tra la quota di pericolo e la quota di ritenuta calcolata ( $K_G - K_{G\_1}$ ) e ricalcolo della quota di ritenuta  $K_{G\_2}$  risultante dal calcolo della ritenzione con l'idrogramma di portata entrante della piena di sicurezza
- ripetizione dell'iterazione finché la quota di ritenuta calcolata  $K_{G\_x}$  corrisponde alla quota di pericolo  $K_G$ . La corrispondente quota critica  $K_{krit\_x}$  corrisponde alla quota critica  $K_{krit}$ .

Per una semplificazione di tipo conservativo è possibile inoltre assumere la quota critica come identica alla quota iniziale da utilizzare nella prova della sicurezza contro le piene. Questa ipotesi è affidabile solamente se l'impianto di accumulazione soddisfa totalmente i requisiti di sicurezza contro le piene.

### 2.3 Rappresentazione grafica e tabella ausiliaria

Ai fini della visualizzazione, le linee soglia delle quote di ritenuta, in presenza delle quali vengono attivati i diversi gradi di pericolo, vengono trasferite in un diagramma dei valori soglia in cui è raffigurato il livello di ritenuta [m s.l.m.] a seconda della sua velocità d'innalzamento [m/ora] (si veda la Figura 1). Per le ritenute con una superficie ampia e quindi con una velocità d'innalzamento molto lenta, in caso di piena le linee soglia possono essere assunte come orizzontali.

Per avere una panoramica delle situazioni di piena sul posto le misurazioni del livello di ritenuta e della sua velocità d'innalzamento vengono riportate in una tabella ausiliaria (in forma elettronica o cartacea, si veda l'esempio nella tabella 1).



## 2.4 Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 5

### Standard

Si assume un livello di ritenuta misurato  $h$  presente in un determinato momento  $t$  e una contemporanea velocità d'innalzamento del livello di ritenuta momentanea  $v$ . La velocità d'innalzamento viene considerata come costante. La quota di pericolo  $K_G$  viene raggiunta entro il tempo  $t_G$  con la seguente formula:

$$t_G = \frac{K_G - h}{v}$$

Il valore soglia per l'attivazione del grado di pericolo 5 viene quindi determinato con la durata stabilita  $t_5$  a partire dall'attivazione del grado di pericolo 5 fino al raggiungimento della quota di pericolo  $K_G$ .  $t_5$  corrisponde generalmente a 60 minuti (si veda il capitolo 1.2). I valori soglia o la linea del valore soglia  $h_5$  per il grado di pericolo 5 per diverse velocità d'innalzamento  $v$  si calcolano come segue:

$$h_5 = K_G - t_5 \cdot v$$

Questa linea viene trasferita nel diagramma dei valore soglia della Figura 1.

### Particolarità di uno scarico di superficie

Se l'impianto di accumulazione dispone di uno scarico di superficie, esistono due diversi regimi di innalzamento del livello di ritenuta:

- Al di sopra della soglia dello scarico di superficie

Se il livello di ritenuta istantaneo si trova al di sopra della soglia, l'aumento sovraproporzionale della capacità dello scarico di superficie viene approssimativamente compensato dal ramo crescente (eventualmente esponenziale) dell'idrogramma di portata entrante. L'ipotesi di una velocità d'innalzamento costante è giustificata.

- Al di sotto della soglia dello scarico di superficie

Se il livello di ritenuta istantaneo si trova al di sotto della soglia, dato il ramo crescente dell'idrogramma di portata entrante la velocità d'innalzamento è effettivamente in aumento. Tuttavia si assiste a una curva brusca e improvvisa nel momento in cui viene raggiunta la soglia. In questo caso l'ipotesi di una velocità d'innalzamento costante è complessivamente assumibile.

### Particolarità di uno scarico tramite turbine

Se nel momento in cui viene stabilito il livello di ritenuta e la sua velocità d'innalzamento sono in azione le turbine, di regola occorre assumere che questa portata uscente non può essere mantenuta in modo durevole (ad es. inondazione della centrale e avaria alle macchine). La determinazione della situazione nel diagramma della Figura 1 non avviene con l'effettiva velocità d'innalzamento bensì con la velocità d'innalzamento senza scarico tramite turbine. Pertanto la velocità d'innalzamento risulta essere:

$$v \rightarrow v + \frac{Q_{Abf}}{A}$$

in cui  $Q_{Abf}$  è la quantità di acqua defluita e  $A$  la superficie (momentanea) della ritenuta. Una procedura analoga può essere applicata nel caso si debba considerare un'avaria allo scarico ad es. attraverso scarichi o scarichi di superficie.



## 2.5 Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 4

Questa definizione avviene analogamente a quella del valore soglia per il grado di pericolo 5. Il valore soglia per l'attivazione del grado di pericolo 4 viene stabilito con la durata stabilita  $t_4$  a partire dall'attivazione del grado di pericolo 4 fino all'attivazione del grado di pericolo 5.  $t_4$  corrisponde di regola a 60 minuti (si veda il capitolo 1.2). I valori soglia o la linea del valore soglia  $h_4$  per il grado di pericolo 4 per diverse velocità d'innalzamento  $v$  si calcolano come segue:

$$h_4 = h_5 - t_4 \cdot v$$

Questa linea viene trasferita nel diagramma del valore soglia della figura 1.

## 2.6 Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 3

Con l'attivazione del grado di pericolo 3 il personale dell'organizzazione per i casi d'emergenza del gestore deve recarsi allo sbarramento e insediarsi nella centrale d'allarme acqua o nei posti di osservazione prima dell'attivazione del grado di pericolo 4. Assumendo il tempo per coprire il tragitto dall'usuale luogo di domicilio del personale come  $t_3$ , i valori soglia o la linea dei valori soglia  $h_3$  per il grado di pericolo 3 per diverse velocità d'innalzamento  $v$  si calcolano nel seguente modo:

$$h_3 = h_4 - t_3 \cdot v$$

Poiché, in particolare nei piccoli impianti di accumulazione, applicando esclusivamente questo criterio si potrebbero provocare frequenti invii inutili di personale allo sbarramento, solitamente il grado di pericolo 3 viene attivato se sussistono **contemporaneamente** le due condizioni seguenti:

- il raggiungimento della quota critica  $K_{krit}$  e
- la presenza del criterio per l'attivazione del grado di pericolo 2.

Nella determinazione del tempo necessario per coprire il tragitto  $t_3$ , oltre al tempo di guida o di cammino vanno considerati anche i tempi necessari per richiedere l'intervento del personale di sorveglianza e per la preparazione all'intervento (se questi non sono già stati considerati nell'attivazione del grado di pericolo 2).

Se dall'analisi dei pericoli emerge la possibilità, in caso di forte maltempo, ad es. di frane e/o deflussi che rendono estremamente difficoltoso l'accesso all'impianto, questi elementi vanno considerati nella determinazione del tempo  $t_3$ . In base alle esperienze si può eventualmente stimare anche una velocità d'innalzamento critica  $v_{krit}$  a partire dalla quale ordinare l'equipaggiamento dello sbarramento. Ciò per consentire al personale dell'organizzazione per i casi d'emergenza di raggiungere lo sbarramento prima che tali gravi complicazioni si verifichino (premessi il raggiungimento della quota critica  $K_{krit}$ ).

Anche la linea del valore soglia per il grado di pericolo 3 viene trasferita nel diagramma del valore soglia della figura 1.



## 2.7 Definizione del valore soglia per il grado di pericolo 2

Il grado di pericolo 2 deve essere attivato quando è necessario seguire in tempo reale l'andamento del livello di ritenuta e la sua velocità d'innalzamento e in vista della preparazione della successiva attivazione del grado di pericolo 3. In caso di piena ciò si verifica solitamente con il deflusso registrato mediamente in un intervallo da 30 a 100 anni (corrispondente al grado di pericolo 4 per i corsi d'acqua secondo «I cinque gradi di pericolo di piena», sito dell'UFAM, luglio 2014).

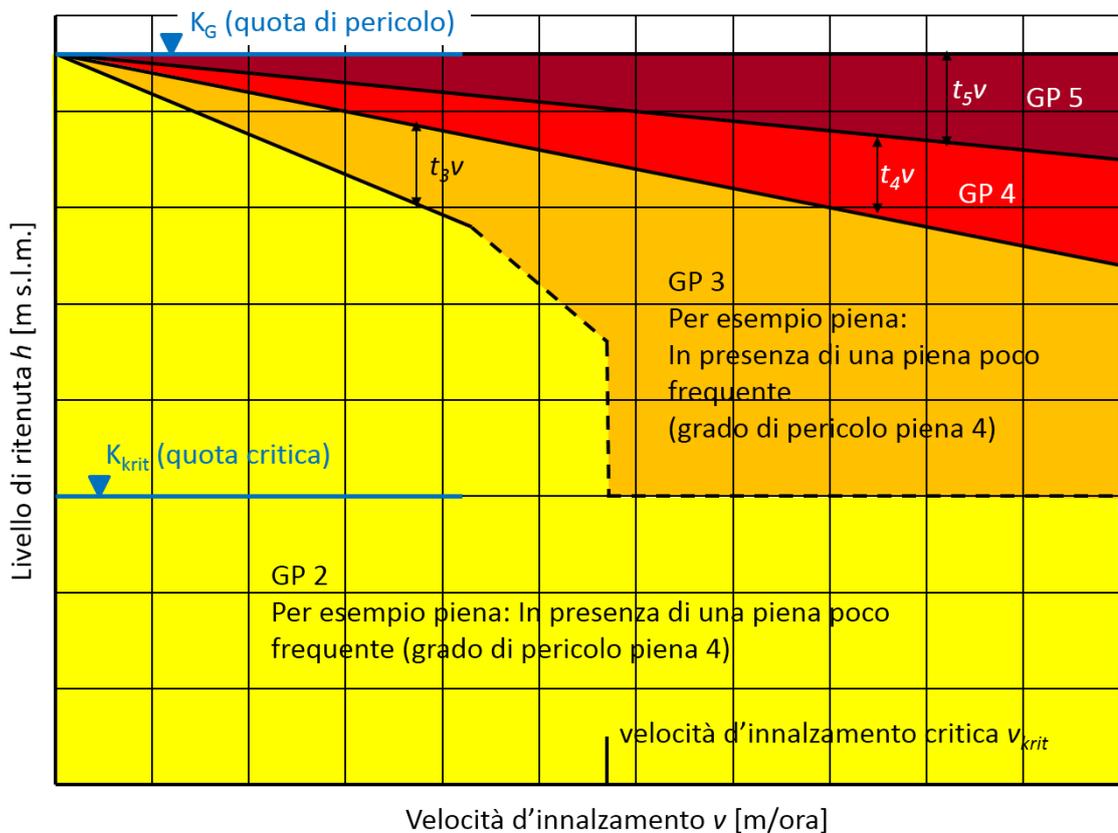


Figura 1: diagramma dei valori soglia per la sorveglianza del livello di ritenuta e della velocità d'innalzamento. Per maggior chiarezza è possibile tracciare le quote del coronamento dello sbarramento, della soglia dello scarico di superficie ecc.



### 3 Verifica dell'adeguatezza della strategia elaborata

L'adeguatezza della strategia elaborata nel capitolo 2 deve essere sistematicamente verificata tenendo conto delle peculiarità locali ed eventualmente adeguata. Un esempio è disponibile in «Talsperren – Kriterien für die Notfallstrategie im Hochwasserfall», Karl Flury, wasser energie luft, anno 81, 1989, quaderno 10, 267-270.

In generale l'adeguatezza viene verificata calcolando il livello di ritenuta e la sua velocità d'innalzamento per diversi idrogrammi di portata entrante osservati e ipotizzati (calcoli della ritenzione). Queste simulazioni devono coprire un'ampia gamma di condizioni iniziali, periodi di ritorno e forme degli idrogrammi di portata entrante.

I risultati dei calcoli vengono trasferiti nel diagramma dei valori soglia (si veda la Figura 1) che evidenzia il grado di pericolo da attivare (e le relative tempistiche) nelle diverse simulazioni. In tal modo è possibile valutare l'opportunità o meno di un'attivazione dei gradi di pericolo. In particolare occorre garantire che tutte le possibili situazioni di pericolo per l'impianto siano note ed evitare che per ogni piccolo evento venga attivato un grado di pericolo elevato (ad es. GP 5) nonostante la situazione sia sicura per l'impianto. La strategia elaborata va eventualmente modificata: in caso di modifiche occorre sempre considerare l'obiettivo del tempestivo allarme alla popolazione e della sua evacuazione prima dell'arrivo di onde di piena provocate dalla rottura dello sbarramento.



## 4 Sorveglianza del livello di ritenuta e della velocità d'innalzamento

Poiché il livello di ritenuta  $h$  e la velocità d'innalzamento  $v$  rappresentano le grandezze determinanti per la definizione dei gradi di pericolo, è fondamentale che questi due parametri siano regolarmente comunicati durante l'evento. Le corrispondenti misure vengono effettuate già a partire dal grado di pericolo 2 come minimo ogni due ore. Una volta raggiunto il grado di pericolo 3, le misurazioni devono essere svolte come minimo ogni ora; dal grado di pericolo 4 ogni quindici-trenta minuti. Nei piccoli impianti di accumulazione che reagiscono rapidamente al maltempo, questi valori devono essere rilevati più frequentemente.

Le misurazioni del livello di ritenuta e della sua velocità d'innalzamento devono essere messe a verbale (si vedano gli esempi nelle tabelle 1a e 1b). Il protocollo secondo la tabella 1 e il diagramma dei valori soglia per la sorveglianza secondo la Figura 1 fanno parte del dossier d'intervento.

*Tabella 1a: esempio di tabella per il rilevamento del livello di ritenuta e la determinazione della sua velocità di innalzamento. Esempio senza scarico tramite turbine o simili e senza pericolo di avaria.*

Data	Ora	$\Delta t$ [ora]	$h$ [m s.l.m.]	$\Delta h$ [m]	$v_1 = \Delta h / \Delta t$ [m/ora]
Senza scarico tramite turbine o simili e senza pericolo di avaria.					

*Tabella 1b: esempio di tabella per il rilevamento del livello di ritenuta e la determinazione della sua velocità di innalzamento. Esempio con scarico tramite turbine o simili in cui sussiste un pericolo di avaria.*

Data	Ora	$\Delta t$ [ora]	$h$ [m s.l.m.]	$\Delta h$ [m]	$v_1 = \Delta h / \Delta t$ [m/ora]	$Q_{Abf}$ [m <sup>3</sup> /s]	$A$ [km <sup>2</sup> ]	$v_2 = 0.0036 \cdot Q_{Abf} / A$ [m/ora]	$v = v_1 + v_2$ [m/ora]
Scarico $Q_{Abf}$ tramite turbine o simili (scarichi, pompe, scarico di superficie attivo) in cui sussiste un pericolo di avaria.									