

ALLEGATO C
(Rif. Allegato B)

Indicazioni per studi di dambreak ed apertura scarichi

Per opere di categoria B e C classificate di nelle classi di medio o alto impatto potenziale, è necessario lo studio dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dello sbarramento e dell'onda conseguente all'apertura, contemporanea e separata, degli organi di scarico. Gli studi, da redigere secondo le Raccomandazioni tecniche allegate alla circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 56 del 7 marzo 1996 e successive modifiche, descrivono il processo di propagazione nel tempo e nello spazio, illustrando i fenomeni legati al deflusso, ivi compresa la delimitazione delle aree allagabili, con il dettaglio e l'estensione sufficienti a consentire la redazione dei piani di emergenza da parte della competente Autorità di protezione civile.

Lo studio dell'onda di piena conseguente all'apertura degli scarichi comprende anche la determinazione del valore e del tempo di ritorno della massima portata transitabile lungo l'alveo a valle dello sbarramento.

1. Ipotesi di cedimento

1.1. Dighe murarie

La necessità di prefigurare la condizione di rottura più gravosa in relazione alla generazione dell'onda di piena impone che il crollo sia considerato totale, interessante cioè l'intera diga, a meno che la tipologia sia tale da richiedere la verifica di stabilità per ogni singolo elemento strutturale costituente l'opera. In tal caso il crollo può essere ragionevolmente ipotizzato parziale, interessante cioè i soli elementi strutturali di maggiore altezza, in numero comunque tale da fornire un rapporto tra le aree delle sezioni di breccia e diga non minore di 1/3.

L'asportazione della diga, o di una parte della quale si suppone il crollo, è considerata istantanea.

1.2. Dighe di materiali sciolti

Nelle dighe di materiali sciolti l'asportazione del rilevato avviene con modalità di sviluppo della breccia nel corpo diga dipendenti dall'intensità dell'azione erosiva dell'acqua tracimante lo sbarramento. Ne consegue che l'asportazione del rilevato risulta praticamente sempre parziale e progressiva.

1.3. Dighe miste e serbatoi fuori alveo

Per le dighe miste e per i serbatoi fuori alveo, sono analizzate separatamente le varie ipotesi di cedimento, adottando quella che provoca la maggiore portata di picco nell'idrogramma di piena uscente attraverso la breccia, nonché quella che provoca l'allagamento di zone di particolare interesse a valle dello sbarramento.

2. Condizioni idrauliche alla rottura

2.1 Dighe murarie

Per le dighe murarie è ipotizzato che il collasso della struttura non sia legato ad eventi idrologici intensi, cosicché la condizione idraulica iniziale più gravosa da considerarsi è quella di serbatoio pieno fino alla quota massima di regolazione.

Durante il processo di efflusso attraverso la breccia creatasi per rottura della diga, possono essere trascurate le portate in ingresso al serbatoio e le portate eventualmente rilasciate attraverso gli organi di scarico.

2.2. Dighe di materiali sciolti

Per le dighe di materiali sciolti si ipotizza che il collasso sia dovuto ad una piena di carattere eccezionale non smaltita dagli organi di scarico della diga, che causi perciò il completo riempimento del serbatoio ed il sormonto dello sbarramento. Come condizione idraulica iniziale è dunque da assumersi un livello del serbatoio pari alla quota del coronamento della diga.

Salvo casi particolari, riferibili a dighe con invasi di modesto volume o dighe soggette ad onde di piena da rottura di sbarramenti posti a monte, le portate in ingresso al serbatoio durante lo svolgersi del fenomeno di efflusso per sbrecciatura della diga possono essere trascurate, risultando il loro effetto contenuto nei riguardi del processo di generazione dell'onda di piena artificiale da rottura.

Le portate rilasciate attraverso gli organi di scarico superficiale sono valutate in relazione ai livelli idrici presenti nel serbatoio. Trattandosi di livelli superiori a quelli di progetto, occorre verificare la reale capacità di smaltimento delle portate da parte delle opere di scarico. Le portate rilasciate attraverso gli scarichi di mezzofondo e di fondo possono invece essere trascurate.

3. Metodi di valutazione delle portate uscenti attraverso la breccia

3.1. Tipo di approccio

Le portate uscenti attraverso la breccia a seguito del collasso di uno sbarramento di ritenuta sono valutate utilizzando metodologie di simulazione numerica. Non è però escluso il ricorso a modelli fisici.

3.2. Dighe murarie

Per le dighe murarie una prima valutazione dell'onda di piena effluente può essere effettuata assimilando il fenomeno della rottura all'eliminazione istantanea di una paratoia di sezione trasversale pari a quella della diga inserita in un canale prismatico, utilizzando quindi i relativi risultati teorici.

Con un calcolo più accurato, generalmente basato su approcci di tipo numerico, è possibile tenere conto di quegli aspetti presenti nel fenomeno reale e non riprodotti dallo schema di paratoia nel canale.

3.3. Dighe di materiali sciolti

Per le dighe di materiali sciolti l'idrogramma delle portate effluenti va determinato utilizzando modelli matematico-numeriche che permettono di riprodurre l'interazione tra la corrente defluente attraverso la breccia ed il materiale solido costituente il rilevato.

È raccomandato il confronto tra i risultati forniti dai modelli matematico- numerici con le formule empiriche basate su analisi statistiche dei dati relativi ai casi storici di rottura.

3.4. Dighe miste e serbatoi fuori alveo

Per le dighe miste e i serbatoi fuori alveo, al fine di individuare l'ipotesi di rottura più gravosa da adottare in via definitiva nello studio, si dovranno valutare, secondo gli schemi descritti ai punti precedenti, le portate di picco risultanti dalle modalità di collasso citate al punto 1.3.

4. Dighe in serie

Lo studio dell'ipotetica rottura di una diga posta a valle di un altro sbarramento artificiale, fermo restando la necessità del calcolo riferito al collasso della singola diga secondo quanto descritto ai punti precedenti, richiede un'ulteriore verifica. È infatti necessario esaminare anche la possibilità che l'evento che porta alla rottura della diga in esame si identifichi con l'onda generata dal collasso dello sbarramento artificiale di monte. Occorre verificare se gli organi di scarico della diga di valle siano in grado di far fronte all'onda di piena in arrivo (nel qual caso l'evento non provoca il collasso) o, viceversa, se si prefigura il completo riempimento dell'invaso e il suo successivo sormonto.

In quest'ultimo caso, anche per le dighe murarie, e in via cautelativa, va ipotizzato che il collasso dello sbarramento avvenga, secondo le modalità descritte al punto 2.2, in corrispondenza del raggiungimento del livello idrico nel serbatoio pari alla quota di coronamento.

Per onde di piena quali quelle generate da rottura di dighe poste a monte, le portate in ingresso al serbatoio risultano ovviamente tutt'altro che trascurabili e devono pertanto essere considerate nel calcolo. Tali portate, tuttavia, sono in questo caso ben definite essendo il risultato della propagazione dell'onda da rottura della diga di monte.

È raccomandato che la valutazione delle onde di piena da rottura di dighe in serie sia svolta di concerto tra i gestori delle varie opere di ritenuta coinvolte e si concretizzi in un unico studio che fornisca un quadro d'insieme delle aree soggette a potenziale inondazione. In caso contrario, ogni studio deve estendere l'analisi fino al primo sbarramento artificiale presente a valle della diga in esame. È evidente, in tal caso, che i gestori degli sbarramenti posti nella valle sono tenuti a fornire tutte le informazioni ed i dati necessari alla formulazione dello studio.

5. Geometria delle aree a valle della diga

La caratterizzazione geometrica delle aree potenzialmente soggette ad inondazione deve essere effettuata sulla base della cartografia ufficiale, o prodotta da soggetti pubblici, alla scala di maggior dettaglio disponibile, e con l'ausilio di specifici rilievi in sito.

Laddove la cartografia disponibile sia in scala 1:25.000, devono essere effettuati specifici rilievi in sito per tutte le sezioni idrauliche significative dell'alveo e della valle interessate alla potenziale inondazione, sufficienti cioè per la completa descrizione dei luoghi. Alla cartografia in scala 1:25.000 è riservato il ruolo di quadro d'insieme dei rilievi e di base per il tracciamento delle aree potenzialmente inondate.

Nei casi in cui invece la cartografia disponibile sia in scala 1:10.000, 1:5.000 o sia di dettaglio ancora maggiore, i rilievi in sito sono limitati a quelle sezioni corrispondenti a particolari configurazioni morfologiche del fiume o caratterizzate dalla presenza di infrastrutture in alveo, che possono assumere un ruolo di controllo delle modalità del deflusso durante il transito della piena artificiale.

Nei calcoli sono sempre utilizzate le sezioni normali alla direzione del moto, dopo aver verificato che esse siano non solo in numero adeguato, ma anche localizzate in modo da consentire una corretta descrizione della variabilità della geometria dell'alveo e della valle.

Nell'uso della cartografia occorre sempre accertare che dalla data del rilevamento non siano intervenuti mutamenti nell'uso del territorio limitrofo al corso d'acqua, o lungo l'alveo stesso, il cui mancato rilievo possa alterare significativamente i risultati dello studio o ridurne l'immediata utilizzabilità ai fini della Protezione Civile.

6. Propagazione dell'onda di piena

Lo studio della propagazione verso valle dell'onda di piena da rottura di dighe è affrontato per mezzo di simulazione numerica, non escludendo l'eventuale necessità di impiego di modelli fisici.

All'atto della scelta del codice di calcolo è opportuno sincerarsi che esso sia stato sottoposto ad ampie verifiche e sia stato validato sulla base di situazioni reali.

Il modello impiegato deve tenere conto di tutti i parametri e condizioni che possono portare a sensibili scostamenti dei risultati, quali ad esempio coefficiente di scabrezza, la presenza di ostacoli naturali o artificiali (ponti, viadotti, rilevati, etc.), forti variazioni longitudinali e trasversali dell'alveo, etc.

In particolare il modello di propagazione deve tener conto:

- dell'eventuale presenza di marcati restringimenti delle sezioni idrauliche, sia di carattere naturale che legati alla presenza di strutture in alveo;
- dell'inondazione di ampie aree pianeggianti o fortemente urbanizzate;

- del sormonto di arginature o altre condizioni che portino alla formazione di zone allagate ove sia notevole l'espansione laterale della piena.

6.1. Trasporto di materiale solido

Le modificazioni della configurazione dell'alveo fluviale, per fenomeni di deposito o di erosione durante il passaggio delle piene da rottura di dighe, possono portare a marcati scostamenti, spesso a svantaggio della sicurezza, tra i reali livelli del pelo libero e le corrispondenti valutazioni fatte supponendo il fondo dell'alveo fisso.

I modelli a fondo mobile, che descrivono il propagarsi dell'onda di piena, le modificazioni dell'alveo e le interazioni tra tali due fenomeni, sono tuttavia alquanto complessi, spesso di difficile applicazione a situazioni reali e, generalmente, non implementati in codici di calcolo di facile impiego.

Negli studi, quindi, è sufficiente il riferimento a considerazioni di tipo qualitativo, che consentono di individuare le zone presumibilmente soggette ad elevato deposito, con possibilità di marcati sopralzi del pelo libero od ostruzione di luci di opere di attraversamento, e le zone ove è da attendersi una forte erosione, con rischio di crolli lungo le sponde ed improvvisa immissione di quantità notevoli di materiale solido in alveo. Nei casi in cui le considerazioni di tipo qualitativo facciano emergere un'influenza notevole dei fenomeni di trasporto dei sedimenti sull'estensione delle aree potenzialmente inondabili, è auspicabile che se ne tenga conto, anche in maniera approssimata, nel modello a fondo fisso, ovvero che si ricorra all'impiego di modelli anche semplificati a fondo mobile.

6.2. Estensione del tratto fluviale soggetto al calcolo di propagazione

Il calcolo di propagazione è esteso a tutto il tratto fluviale a valle della diga lungo il quale le massime portate dovute all'onda artificiale si mantengono superiori alle portate naturali considerate nella formulazione dei piani di previsione e prevenzione degli eventi di piena naturali. In mancanza di indicazioni specifiche, può essere assunta una portata di piena naturale associata ad un tempo di ritorno pari a 500 anni.

Il principio suddetto si mantiene valido anche nel caso di confluenza in laghi naturali: il calcolo può essere arrestato solo allorché l'effetto di laminazione del lago sia tale che nell'emissario le portate defluenti non superino quelle considerate nei piani di previsione e prevenzione delle piene naturali.

Nel caso di confluenza in laghi artificiali occorre riferirsi alle indicazioni riportate al punto 4.

7. Rappresentazione dei risultati

Il principale risultato richiesto è l'individuazione della zone soggette a potenziale inondazione: la mappa delle aree allagabili è la sintesi dei risultati delle varie elaborazioni che riveste la maggiore importanza. La rappresentazione della massima estensione di tali aree deve ovviamente essere chiara e di facile lettura e localizzazione, a tal fine è richiesta la produzione di opportuni shape file.

Affinché essa risulti di immediata utilizzazione, ai fini della Protezione Civile, è necessario che venga tracciata su una cartografia quanto più completa ed aggiornata possibile. È anche opportuno che siano riportate su di essa le curve di egual valore dei tiranti idrici nelle zone di maggiore espansione dell'inondazione.

La rappresentazione dei risultati dello studio è completata con ulteriori elaborati tra i quali non dovranno mancare gli involucri tracciati lungo tutto il tratto di fiume, oggetto del calcolo di propagazione:

- delle massime altezze idriche;
- dei carichi idraulici totali;
- dei tempi di arrivo del colmo;
- delle quote del pelo libero;
- delle velocità della corrente;

- delle portate defluenti.

È inoltre ritenuto particolarmente utile che gli studi riportino anche i profili idrici longitudinali della piena per almeno tre istanti significativi.

Per completezza di esposizione devono essere riportate anche le tabulazioni, eventualmente sintetiche, dei valori numerici delle principali grandezze in gioco, fornite dai vari metodi o codici di calcolo adottati.

È opportuno, infine, che sulle mappe siano individuati ed evidenziati:

- le opere di attraversamento del corso d'acqua che possano essere sormontate dalla corrente o che si prestino a rischio di erosione;
- i tronchi fluviali per i quali il pericolo di esondazione può essere aggravato da fenomeni di sovralluvionamento dell'alveo o da ostruzioni delle luci delle opere di attraversamento;
- le aree protette dalla piena da argini o terrapieni, indicando le quote assolute del pelo libero in alveo, ottenute dal calcolo di propagazione, utilizzate per la loro perimetrazione.

8. Utilizzo di modelli digitali del terreno

Per l'effettuazione delle modellazioni idrauliche di dam-break sono necessari i rilievi topografici della zona a valle dell'invaso ed il rilievo dell'alveo ricettore della portata in uscita dallo sbarramento per rottura dello stesso. I rilievi topografici possono essere eseguiti con metodi tradizionali mediante rilievo a terra delle sezioni trasversali dell'alveo ricettore o, in alternativa, tramite rilievi derivati da DTM (Digital Terrain Model) ottenuti da riprese aeree effettuate con aerei o, nel caso di aree limitate di territorio, con droni.

A tal fine, si segnala che sul sito internet del Geoportale della Regione Piemonte (<http://www.geoportale.piemonte.it/cms/>), risultano disponibili gratuitamente i rilievi DTM (Digital Terrain Model) tramite la "RIPRESA AEREA ICE 2009-2011 - DTM" del volo effettuato dalla Regione Piemonte tra la fine dell'anno 2011 e l'inizio del 2012. Il DTM copre tutto il territorio regionale ed è stato acquisito con metodologia uniforme (LIDAR) in standard di livello 4. La risoluzione della griglia (passo) è di 5 m, con una precisione in quota di ± 0.30 m (± 0.60 m nelle aree di minor precisione, corrispondenti alle aree boscate o densamente urbanizzate). Tali rilievi risultano utili per effettuare modellazioni idrauliche e di dam-break.

Sullo stesso sito internet sono inoltre disponibili i DSM (Digital Surface Model) e le ortofoto. Il rilievo batimetrico non è invece compreso in questi DTM, poiché il LIDAR non riesce a rilevare il fondo alveo sotto il livello idrico.

Inoltre per i tratti di alcuni corsi d'acqua ove sono presenti le fasce fluviali del Piano di Assetto Idrogeologico sono anche disponibili dei rilievi digitali del terreno (DTM) con maglia di circa 1 punto ogni metro, ma con voli effettuati negli anni 2008 e 2014.

Tali rilievi vengono forniti direttamente dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, proprietario del dato (Piano Straordinario di Telerilevamento), in attuazione al Decreto del Ministro n. 121 del 28.06.2012.

Tale Decreto sancisce che per ricevere i dati il richiedente debba pagare i soli diritti per il rilascio ed estrazione copia. Pertanto i dati sono gratuiti ma non la spedizione degli stessi (pochi euro); mediante l'attuazione di tale Decreto è venuta meno operativamente la possibilità che la Regione Piemonte possa continuare a fornire il dato direttamente, su "delega" del MATTM.

Pertanto, nel caso si intenda utilizzare anche questo DTM, più datato ma più "fitto", sarà necessario contattare direttamente il Ministero.

Con i DTM a disposizione è possibile effettuare differenti modellazioni idrauliche:

- estraendo dal DTM le sezioni trasversali dell'alveo ricettore a valle dello sbarramento, è possibile impostare modellazioni idrauliche monodimensionali, più veloci da eseguire dal punto di vista computazionale;
- utilizzando direttamente i DTM si potranno effettuare modellazioni di dettaglio di tipo bidimensionale.

La scelta del tipo di modellazione idraulica da effettuare spetta al Progettista/Studio di progettazione incaricato di eseguire le verifiche idrauliche, in base alle proprietà dell'invaso, al tipo di dam-break determinante l'idrogramma di piena e all'orografia a valle dell'invaso.

9. Utilizzo di programmi di modellazione idraulica

I software di modellazione idraulica utilizzabili per le verifiche richieste sono molteplici e alcuni risultano scaricabili gratuitamente da Internet. In questi software sono spesso presenti anche differenti moduli interni a seconda della modellazione che è necessario eseguire. Ad esempio:

- la modellazione idraulica in moto uniforme, permanente e vario;
- la modellazione della formazione di una breccia (impostando forma della breccia e tempistica di evoluzione della stessa) con il calcolo degli idrogrammi di piena in uscita dalla breccia stessa;
- la modellazione idraulica monodimensionale con introduzione delle sezioni trasversali di alveo;
- la modellazione idraulica bidimensionale con utilizzo dei DTM;
- la modellazione del trasporto solido, oltre che della portata liquida.

Si precisa che le condizioni al contorno (a monte, a valle, le condizioni di scabrezza presenti, ecc.) sono sempre da valutare con estrema cautela nella modellazione, in quanto rappresentano elementi indispensabili per eseguirla correttamente. Ciò non toglie che un utilizzo di un software di modellistica idraulica debba essere effettuato da un ingegnere esperto di idraulica, al fine di poterlo utilizzare in maniera opportuna e saperne valutare i risultati. È infine opportuno che i risultati delle modellazioni idrauliche siano valutati criticamente con un approccio multidisciplinare; esperti geologi/geomorfologi possono fornire fondamentali elementi di raffronto con le reali situazioni presenti sul territorio e con gli effetti della dinamica fluviale in atto.

10. Aggiornamento dei Piani regolatori comunali ai sensi della Circolare regionale

Rimane valido quanto descritto nella Deliberazione della Giunta Regionale 7 aprile 2014, n. 64-7417 pubblicata sul B.U.R.P. 17 24/04/2014, dove all'Allegato A ("Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica") al punto 1.6 si definisce l' "Indicazione sulle analisi da effettuarsi sugli invasi di competenza regionale", che qui si riporta integralmente :

Si dovranno censire tutti gli invasi presenti sul territorio comunale, con l'obiettivo di valutare ogni accumulo idrico a cielo aperto con riguardo alla loro pericolosità nei confronti della pubblica incolumità (invasi senza recinzione, cartellonistica di segnalazione..).

Per quanto riguarda gli invasi rientranti tra le competenze di cui alla l.r. n. 25 del 6.10.2003 e relativo regolamento di attuazione DPGR n. 12/R del 9.11.2004, si dovranno inoltre valutare le aree del proprio territorio comunale considerabili a rischio per deflussi causati dall'eventuale collasso degli sbarramenti artificiali corrispondenti.

Tali zone dovranno essere indagate da un tecnico abilitato alla firma di progetti, con capacità di valutazione di problemi idraulici, strutturali e geotecnici, almeno per una distanza "d" a valle dello sbarramento pari a:

$$d = \text{Volume d'invaso} / (1 \times 10^4)$$

(con d espresso in km e il volume in m³)

considerando direzioni idraulicamente significative.

Il Volume d'invaso si calcola considerando la somma dei volumi idraulicamente liberi di defluire contenuti nell'invaso in questione, negli invasi che gravitano su di esso e nella rete artificiale afferente.

Il sistema idrico da considerare è quello compreso nei 10 km a monte dell'invaso in esame.

Individuate le aree potenzialmente interessate dagli allagamenti o dall'onda di piena causata dal collasso dello sbarramento o del versante interessato dall'invaso ed il grado di coinvolgimento delle stesse, si valuteranno distintamente:

- *densità di edificazione;*
- *presenza di insediamenti significativi per finalità di Protezione Civile (categorie da proteggere o da attivare);*
- *presenza di insediamenti significativi per quantità di popolazione;*
- *presenza di insediamenti significativi per valore;*
- *presenza di infrastrutture;*
- *ipotesi urbanistiche.*

Si chiarisce inoltre che, come indicato al punto 1.9.3 della Circ. PGR n. 7/LAP/96, tali valutazioni non avranno effetti sulla determinazione delle classi di pericolosità geologica ed idoneità all'utilizzazione urbanistica contenute nella cartografia di sintesi, ma si intendono esclusivamente a supporto del piano di protezione civile.

Pertanto, nel caso in cui un'amministrazione comunale effettui una variante strutturale al proprio Piano regolatore comunale o intercomunale generale, i Tecnici incaricati dell'aggiornamento della "Carta della pericolosità geologica" dovranno effettuare una ricognizione sugli invasi di competenza regionale presenti sul territorio comunale, riportando le aree di dam-break e/o analisi di rischio per rottura dello sbarramento presente nel PRGC vigente o nella documentazione (anche progettuale) relativa allo sbarramento. Nel caso in cui la suddetta valutazione non sia rintracciabile in alcun documento, sarà necessario individuare, a cura dell'amministrazione comunale, delle aree di allagamento potenziale conseguenti alla rottura degli sbarramenti di competenza regionale.