

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

ALLEGATO 4**PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ESONDAZIONE****Premessa**

I presenti criteri forniscono indicazioni per gli studi finalizzati alla valutazione e alla zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nonché a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali o più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibile esondazione.

Per quanto riguarda le verifiche di compatibilità idraulica relative a corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce fluviali in piani stralcio di bacino ai sensi della L.183/89 approvati dall'Autorità di Bacino del fiume Po, i presenti criteri sono da considerarsi complementari alla Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", approvata con deliberazione 11 maggio 1999, n. 2, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, e alle sue successive modifiche e integrazioni; tale direttiva, alla quale si rimanda, fornisce inoltre prescrizioni e indirizzi generali per la progettazione di opere di attraversamento di tutti corsi d'acqua del bacino del Po ed è consultabile sul sito www.adbpo.it

I presenti criteri si applicano pertanto ai casi in cui la normativa di piano di bacino prevede approfondimenti a scala di maggior dettaglio, nonché ai corsi d'acqua per i quali il PAI non ha definito fasce fluviali.

In particolare si applica per le seguenti casistiche:

Corsi d'acqua con fasce fluviali

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", ai sensi dell'art. 31, comma 5, delle NdA del PAI;
- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come Fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 39, comma 2, delle NdA del PAI.

Aree a rischio idrogeologico molto elevato (RME - Titolo IV NdA del PAI)

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come Zona I e Zona B-Pr ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 51, comma 5, delle NdA del PAI.
- Riperimetrazione delle aree RME, zona I e zona B-Pr.

Aree di esondazione

- Determinazione e valutazione delle condizioni di pericolosità nelle aree caratterizzate da esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio (corrispondenti alle aree Ee, Eb, Em definite nel PAI).

Gli studi di supporto alle valutazioni idrauliche di cui sopra devono essere sviluppati da un ingegnere abilitato di riconosciuta esperienza e capacità nella esecuzione di stime idrologiche, calcoli idraulici e mappatura delle aree a rischio, anche mediante utilizzo di codici di calcolo per l'idraulica fluviale.

La relazione idrologica e la relazione idraulica debbono essere redatte in maniera chiara ed esauriente ed essere accompagnate dai dati necessari per consentire al committente e ai tecnici incaricati del controllo la puntuale verifica di tutti i calcoli eseguiti. Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati.

Le metodologie proposte nei presenti criteri si basano sulla conoscenza dei valori delle altezze d'acqua e delle velocità della corrente che si verificano in corrispondenza di portate con determinato tempo di ritorno. È pertanto fondamentale, in primo luogo, verificare l'esistenza e l'affidabilità di studi già realizzati in grado di fornire tali informazioni con il grado di dettaglio ritenuto necessario e in particolare:

- A) studi idrologici per il calcolo delle portate - con determinato tempo di ritorno - necessarie per effettuare le verifiche idrauliche. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali o oggetto di studi ex L. 267/98 sono assunte le portate ivi utilizzate (vedi anche la "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 18 del 26 aprile 2001). Per i corsi d'acqua, fasciati e non fasciati, per i quali l'Autorità di Bacino del fiume Po ha curato la predisposizione degli studi di fattibilità (vedi Tab. 2 dell'Allegato 1) i dati derivanti dalle analisi idrologica e idraulica, qualora indichino valori di portata e profili di piena di riferimento superiori ai corrispondenti valori indicati nei documenti sopra citati, sono assunti come riferimento per le verifiche di compatibilità. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori analisi idrologiche, che dovranno in tal caso essere condotte secondo le indicazioni di cui al successivo punto 2;
- B) studi idraulici per il calcolo dei valori dei livelli e delle velocità necessari per effettuare la verifica di compatibilità. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali è necessario verificare il grado di approfondimento degli studi utilizzati per il tracciamento delle fasce stesse; analoga verifica dovrà essere effettuata per gli studi ex L. 267/98. Per i corsi d'acqua, fasciati e non fasciati, per i quali l'Autorità di Bacino del fiume Po ha curato la predisposizione degli studi di fattibilità (vedi Tab. 2 dell'Allegato 1) per le verifiche di compatibilità si terrà conto dei dati derivanti dall'analisi idraulica. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori calcoli idraulici, il cui maggiore approfondimento deve essere giustificato dalla necessità di ottenere indicazioni di maggior precisione, che dovranno in tal caso essere condotti secondo le indicazioni di cui al successivo punto 3.

Sulla base dei risultati ottenuti in termini di altezze d'acqua e di velocità desunti dagli studi esistenti o determinati mediante i nuovi approfondimenti condotti, devono essere applicate le metodologie di cui ai punti successivi. L'utilizzo di metodologie o standard difforni deve essere adeguatamente motivato dal professionista incaricato, con piena assunzione di responsabilità.

Analisi idrologica

Lo scenario di rischio idraulico da considerare fa riferimento alla portata con tempo di ritorno $T_r=100$ anni, salvo quanto previsto per i corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce fluviali (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per il tracciamento della fascia B) o per le aree a rischio idrogeologico molto elevato per fenomeni di inondazione (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per la perimetrazione delle Zone I e B-Pr).

L'adozione di portate con tempi di ritorno differenti deve essere evidenziata e adeguatamente motivata.

L'analisi idrologica e la valutazione della portata di riferimento vengono effettuate sulla base delle seguenti indicazioni che, per quanto riguarda le specifiche metodologie di calcolo, rivestono carattere di semplice suggerimento. Infatti, allo stato presente delle conoscenze, le procedure di stima idrologica non sono univocamente determinabili e la scelta della metodologia più opportuna deve essere fatta dal professionista in funzione della situazione allo studio e del tipo di informazioni e dati disponibili. Le presenti indicazioni devono ritenersi integrative delle direttive in materia di idrologia e idraulica emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" - All. 7 al Titolo II delle N.d.A del PAI), che devono pertanto essere visionate dal professionista. Le direttive approvate sono consultabili sul sito dell'Autorità www.aqlbpo.it.

La relazione idrologica deve contenere almeno i seguenti elaborati, organizzati in capitoli secondo lo schema nel seguito esposto.

2.1 Scopo del lavoro

Questo capitolo espone i quesiti ai quali la relazione idrologica è chiamata a rispondere, illustrando tutte le problematiche che il progettista sarà chiamato ad affrontare. Pertanto, esso:

- descrive le caratteristiche dell'area per cui si intende valutare il rischio di esondazione;
- individua la/e grandezza/e idrologica di dimensionamento (ad esempio: altezza di precipitazione, portata al colmo di piena, volume di piena, forma dell'onda di piena, portata solida, accumulo di detrito movimentabile sotto forma di colata o altro);
- discute e giustifica la scelta del tempo di ritorno o del livello di rischio accettato per il dimensionamento dell'intervento.

Inoltre, in questo capitolo, viene delineato lo schema dell'indagine da svilupparsi nei capitoli successivi della relazione idrologica; qualora l'area di interesse fosse soggetta a rischi idrogeologici di tipo particolare (come ad esempio fenomeni di trasporto solido o di detriti galleggianti) il capitolo iniziale della relazione dovrà proporre e giustificare uno schema di indagine appropriato, anche se questo si discosta dagli indirizzi generali delineati nelle presenti indicazioni.

2.2 Descrizione del bacino idrografico

In questo capitolo sono fornite le informazioni sulla morfologia, la geologia, l'idrografia, la climatologia e la predisposizione alle diverse tipologie di rischio idrogeologico del bacino idrografico sotteso dalla/e sezione/i di interesse; il capitolo riporta e ordina tutte le informazioni utilizzate in seguito nello studio idrologico.

Il testo è accompagnato da:

Carte di base

Le carte di base propedeutiche allo studio, fatto salvo l'utilizzo della cartografia specificamente prodotta per gli studi geologici a supporto degli strumenti di pianificazione comunale, possono essere le seguenti:

- corografia generale del bacino idrografico di interesse e, ove necessario, dei suoi sottobacini, predisposta su una base cartografica che fornisca un'immagine chiara dei luoghi: è consigliato l'impiego della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 o, se del caso, alla scala 1:25.000. Per bacini di grandi dimensioni, non rappresentabili su fogli di formato non superiore ad A0, sarà opportuno predisporre un quadro di insieme, utilizzando la Base Topografica alla scala 1:50.000 oppure la Carta Provinciale alla scala 1:100.000 prodotte dalla Regione Lombardia, e le corografie dei singoli sottobacini, da riportarsi sulla CTR in scala 1:10.000. Sulla corografia generale saranno rappresentate con appositi simboli le stazioni idrometriche, pluviometriche o di altro tipo considerate nello studio idrologico;
- carta geologica, stralcio della Carta Geologica in scala 1:50.000 del Servizio Geologico Nazionale, quando non disponibile altra cartografia redatta a scala di maggior dettaglio (es. carte progetto CARG, indicate in allegato 1, o altre carte redatte da Province, Comunità montane ecc.);
- carta dell'uso del suolo, stralciata dalla Carta dell'Uso e Copertura del Suolo ad orientamento agricolo-forestale in scala 1:50.000, oppure, per maggiore semplicità, dalla Carta della morfologia pure in scala 1:50.000, prodotte dalla Regione Lombardia con eventuali integrazioni e aggiornamenti derivati da sopralluoghi e rilievi diretti;
- carta della rete idrografica, che può essere sovrapposta alla corografia;
- la cartografia del reticolo fognario ed artificiale per il deflusso delle acque dalle zone urbanizzate e da quelle urbanizzabili - in relazione alle disposizioni del art. 12 del PAI - (con individuazione degli scaricatori di piena reperibili ad es. presso le Province o i Consorzi di collettamento e depurazione) specie nei bacini di collina o di pianura in cui la componente di deflusso dalle zone urbanizzate può assumere una valenza preponderante rispetto alla componente dal bacino naturale;
- carta della erodibilità del suolo, per gli studi che riguardino anche il trasporto solido, per la stesura della quale possono essere utili: carte delle coperture e/o uso del suolo e le carte relative al dissesto ed alla pericolosità per colate detritiche (cfr. all. 1); nella normalità dei casi risulta molto difficile la determinazione dell'erodibilità in quanto presuppone l'utilizzo di metodologie complesse con numerosi parametri da stimare la cui attendibilità, in mancanza di dati certi, risulta spesso criticabile. Tale carta sarebbe da prevedere ove risulti possibile un'indagine di dettaglio sul territorio.

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

Carte derivate

In base alla metodologia utilizzata, oltre alle carte di base possono essere fornite le carte derivate riportanti i tematismi utilizzati nelle procedure di calcolo idrologico. Il dettaglio delle informazioni dovrà essere sufficiente a caratterizzare correttamente il bacino per gli scopi del calcolo idrologico e in particolare dovrà tenere conto della superficie del bacino, della possibile disomogeneità dello stesso, della presenza di più stazioni di misura, ecc.

A titolo di esempio si elencano le seguenti carte tematiche:

- la carta delle aree a pari capacità di infiltrazione oppure a pari numero di curva per chi calcola il coefficiente di afflusso con il metodo CN-SCS. Per la predisposizione di questo elaborato possono essere utili la Carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale e la Carta idrologica con indicazioni inerenti la permeabilità, entrambe prodotte alla scala 1:10.000 nell'ambito del già richiamato Progetto Geoambientale;
- la carta delle isocorve per chi ricava l'Idrogramma Unitario del Metodo di corrivazione;
- la carta dei topoieti o della distribuzione spaziale della precipitazione;
- la carta della produzione di sedimenti;
- la carta della propensione alla formazione di colate detritiche.

Gli elaborati grafici devono essere resi anche su supporto informatico in forma vettoriale, eventualmente su base raster, secondo i formati standardizzati definiti nei Criteri di cui all'art. 3, comma 3, della l.r. 12/2005.

Tablelle

Devono essere presentate in tablelle le informazioni utilizzate nello studio idrologico e in particolare:

- le serie storiche delle misure idrometriche e pluviometriche o di altro tipo;
- i parametri morfometrici del bacino idrografico;
- le caratteristiche delle stazioni (Ente gestore, codice, quota, tipo di strumento installato, attendibilità del dato secondo il gestore, coordinate, ecc.);
- l'estensione dei bacini urbani e la portata scaricata dai manufatti di drenaggio urbano (compresa quella delle aree di prevista urbanizzazione).

2.3 Stima della piena di progetto

La piena di progetto viene usualmente stimata a partire dalla precipitazione critica con una trasformazione afflussi - deflussi in quanto le stazioni idrometriche sono piuttosto scarse e, molto raramente, interessano piccoli corsi d'acqua. Ciò non toglie che il valore della portata al colmo di piena stimata a partire dalle misure idrometriche rilevate e pubblicate da organismi ufficiali sia di gran lunga il più affidabile; quindi, nel prossimo futuro, quando saranno disponibili consistenti serie di misure di portata, questa procedura dovrà essere usata con maggiore frequenza di quanto non accada attualmente.

Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati, i risultati parziali di calcolo (es. ietogramma lordo, dati IUH, ecc.) al fine di consentire il calcolo completo da parte di chi legge e deve rendersi disponibile ad eseguire i calcoli alla presenza dei tecnici incaricati del collaudo della prestazione.

2.3.1 Stima della piena di progetto dalla precipitazione critica

La piena di progetto con assegnato tempo di ritorno viene calcolata seguendo i seguenti passi di calcolo (si deve giustificare la necessità di ricorrere a eventuali procedimenti diversi, che dovranno essere adeguatamente descritti):

- elaborazione statistica dei massimi annui delle altezze di precipitazione di breve durata, finalizzata alla costruzione delle curve di possibilità pluviometrica alle stazioni di misura, con diverso tempo di ritorno. Lo sviluppo delle elaborazioni statistiche sarà presentato nella relazione idrologica secondo lo stesso schema illustrato per l'analisi statistica dei massimi annui di portata nel successivo § 2.3.2, punto b);
- calcolo dell'altezza media di pioggia sul bacino o sui suoi sottobacini oppure determinazione della distribuzione spaziale della precipitazione, qualora venga utilizzato un modello di trasformazione afflussi - deflussi;
- definizione dello ietogramma di progetto, giustificandone la scelta in base alle caratteristiche pluviometriche del bacino in esame. Solo nel caso in cui il processo di trasformazione afflussi - deflussi venga rappresentato con la Formula Razionale è consentito considerare la distribuzione della pioggia uniforme nel tempo; a tale proposito l'Autorità di bacino ha formulato una direttiva nel merito;
- calcolo del coefficiente di afflusso di piena e della precipitazione efficace. Il valore del coefficiente di afflusso di piena è un fattore determinante per il calcolo della portata di piena e quindi deve essere ampiamente giustificato. A tal proposito è consigliabile il ricorso al metodo Curve Number del Soil Conservation Service degli Stati Uniti che ricava il valore del coefficiente di afflusso con una procedura sufficientemente chiara. Il calcolo della pioggia netta può essere fatto sia seguendo la procedura consigliata dal summenzionato metodo CN-SCS, ovvero in altro modo. Si noti che la formula razionale ipotizza che la precipitazione critica sia di intensità costante nel tempo; l'uso di tale formula implica pertanto che la pioggia efficace venga calcolata con il metodo "PHI", il quale ammette velocità di infiltrazione costante;
- calcolo della portata di progetto con la trasformazione afflussi - deflussi: la procedura ipotizza che il tempo di ritorno della portata di progetto sia uguale al tempo di ritorno della precipitazione alla quale viene applicata la trasformazione afflussi - deflussi. La procedura utilizzata deve essere adeguatamente descritta. Nel caso in cui il bacino sia di piccole dimensioni, ovvero le informazioni idrologiche siano scarse e/o imprecise oppure l'importanza dell'intervento non giustifichi un maggiore approfondimento, è ammesso l'impiego della Formula Razionale: in tal caso deve essere opportunamente giustificata la scelta del tempo critico del bacino.

Nei casi in cui dalla ricognizione emerga un peso delle portate di deflusso urbano non trascurabile (> 25-30%) occorre prevedere l'uso di modelli che simulino la differente risposta (in termini di portata al colmo e di tempo di corrivazione del bacino) delle zone urbane e delle zone naturali dei bacini. Per questo occorre tuttavia tenere in debito conto il limite fisico della capacità di drenaggio delle reti urbane dimensionate usualmente per portate massime associabili a T = 10 anni.

2.3.2 Stima della portata di progetto con l'analisi statistica dei massimi annui di portata

Usualmente con questa procedura viene stimata soltanto la portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno; si possono seguire due procedure alternative:

- a) **la procedura regionale** è la più onerosa ma è consigliabile in quanto utilizza il maggior numero di dati possibili. Per l'illustrazione dei metodi di stima regionale si faccia riferimento ai testi di idrologia. È opportuno che nella relazione idrologica la procedura di calcolo sia sunteggiata in maniera chiara ma concisa e, invece, venga citata in maniera puntuale la fonte idrografica dalla quale è stata derivata la procedura di calcolo. Stralci della o delle fonti idrografiche di riferimento possono essere allegati alla relazione per maggior chiarezza e completezza. Debbono essere invece riportati in relazione tutti gli sviluppi del calcolo per consentirne la puntuale verifica;
- b) **la procedura puntuale** elabora separatamente le singole serie storiche dei massimi annui delle portate e correla i risultati del calcolo statistico per giungere alla portata di progetto nella sezione fluviale di interesse. La procedura di calcolo comporta che vengano eseguite le seguenti elaborazioni:
 - regolarizzazione della distribuzione empirica dei dati di ciascuna serie idrometrica con una legge di probabilità di riconosciuta validità i cui parametri vanno determinati con uno stimatore accettabile (metodo dei momenti, metodo della massima verosimiglianza, metodo di momenti pesati in probabilità o altro). L'adattamento della legge deve essere verificato con un test statistico adeguato (ad esempio il test di Pearson o il test di Kolmogorov-Smirnov). La regolarizzazione di differenti serie idrometriche con differenti leggi di probabilità deve essere opportunamente giustificato;
 - i valori di portata con uguale tempo di ritorno stimati nelle differenti sezioni di misura vengono regrediti su parametri morfometrici (area, lunghezza dell'asta principale, tempo di corrivazione o altro) dei bacini sottesi da tali sezioni al fine di ricavare il valore di portata nella sezione di interesse. Qualora la portata così ottenuta sia una media giornaliera, il suo valore deve essere trasformato nel valore al colmo di piena con le opportune formule empiriche reperibili nella letteratura tecnica o ricavate con indagini ad hoc.

2.4 Fenomeni di alluvionamento e di trasporto di massa

L'analisi dei fenomeni di dissesto diffuso che possono innescare processi di trasporto di sedimenti di particolare intensità richiede l'intervento congiunto e coordinato delle professionalità dell'Ingegnere Idraulico e del Geologo.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di sovralluvionamento che interessano l'area di progetto, la relazione idrologica deve:

- a) fornire una stima della granulometria del materiale d'alveo (diametro efficace o meglio curva granulometrica del sottofondo e dello strato di armatura del letto);
- b) identificare le possibili fonti di alimentazione di detriti (frane, scoscendimenti superficiali, ecc.), fornendo altresì una valutazione di prima approssimazione della quantità e della qualità degli inerti che possono giungere all'area di interesse.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di debris flow, la relazione idrologica deve:

- a) individuare i tronchi torrentizi morfologicamente predisposti al processo;
- b) determinare, almeno in prima approssimazione, il volume di materiale movimentabile dalla colata;
- c) definire la portata solida e liquida al colmo dell'onda di debris flow oppure la forma dell'onda medesima.

Per la trattazione di questo argomento, il professionista può riferirsi al Quaderno Regionale di Ricerca n. 34 "Il rischio idraulico nelle aree di conoide" edito dalla Regione Lombardia nel novembre 1999 oltre a quanto illustrato in allegato 2.

2.5 Verifica dei risultati

I valori stimati delle grandezze idrologiche di progetto debbono essere confrontati con altre informazioni al fine di verificarne la congruità. Sono individuate due procedure di verifica, una almeno delle quali deve essere sempre applicata nello studio idrologico:

- I) applicare indipendentemente la metodologia indicata nel § 2.3.1 e una di quelle indicate nel § 2.3.2, confrontando i risultati ottenuti: le eventuali discrepanze debbono essere analizzate, commentate e giustificate;
- II) confrontare i valori stimati mediante la procedura idrologica prescelta con le informazioni desumibili dagli scenari di accadimenti storici. Se l'accuratezza delle informazioni storiche lo consente, l'applicazione di questa procedura di verifica deve prevedere l'esecuzione dei seguenti passi:
 - a) censimento delle piene storiche che hanno riguardato il sito di interesse con raccolta di informazioni documentarie: testi, fotografie, mappe di inondazione, relazioni tecniche e quant'altro si dimostri utile per la caratterizzazione degli eventi. Per le piene accadute in anni di poco precedenti la stesura dello studio idrologico possono ancora rilevarsi topograficamente i segni lasciati dalle acque;
 - b) rilievo topografico, eventualmente speditivo se ciò è giustificato, di un tratto dell'alveo sufficiente alla esecuzione del calcolo idraulico. Nel caso di ricostruzione di piene del passato non recente è opportuno che la topografia rilevata al momento dello studio sia corretta per adeguarla, almeno macroscopicamente, alla situazione della piena storica, ad esempio rimuovendo manufatti di attraversamento, argini o altre strutture al tempo non esistenti;
 - c) determinazione, con calcolo idraulico di tracciamento del profilo di corrente a pelo libero in moto permanente, della portata riprodotte lo scenario/i di inondazione storica. Nei casi più complessi, si può valutare la convenienza del ricorso a modelli di simulazione di maggior dettaglio, anche per tenere conto di fenomeni di sovralluvionamento, erosioni o tracimazioni, debris flow;
 - d) determinazione, sulla base della stima idrologica effettuata, del tempo di ritorno della portata ottenuta con la simulazione idraulica e confronto con il tempo di ritorno dell'evento storico, approssimativamente dedotto dalle informazioni raccolte con l'indagine di cui al punto (a). Le eventuali discrepanze debbono essere commentate e giustificate.

Le stime idrologiche debbono in ogni caso tenere conto di particolari situazioni che esaltano o, più frequentemente, smorzano la violenza della piena; ad esempio:

- copertura glaciale o nivale di parte del bacino, che ne riduce la superficie efficace;
- insufficienza dell'alveo del corso d'acqua che, facendo esondare la piena, in parte la lamina;

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

- presenza di reticoli artificiali (reti urbane di drenaggio) con contributo localizzato significativo;
- presenza di serbatoi artificiali o di invasi naturali che contengono parte dell'onda di piena.

La relazione idrologica deve indicare chiaramente se la stima della portata di piena considera:

- la presenza di opere di sistemazione da realizzarsi a monte del tratto fluviale di interesse;
- il confronto tra la situazione attuale e la situazione futura, una volta che siano stati completati gli interventi di sistemazione del suolo (quali la realizzazione di opere di arginatura o di laminazione).

Calcoli idraulici

3.1 Assetto geometrico dell'alveo

Nel caso di corsi d'acqua per i quali il PAI ha definito le fasce fluviali, le specifiche tecniche per l'effettuazione del rilievo topografico sono quelle contenute nella Direttiva "Verifica di compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B" reperibile sul sito Internet dell'Autorità di Bacino; in particolare, si devono ribattere le sezioni utilizzate per il tracciamento delle fasce, avendo cura di collegarsi alla stessa rete di capisaldi utilizzata per il rilievo delle sezioni di calcolo del PAI o degli studi di Tab. 2 e di Tab. 3 dell'Allegato 1. Le sezioni devono inoltre essere raffittite sino a conseguire un grado di dettaglio adeguato per le modellazioni da effettuare.

Per gli altri corsi d'acqua, la geometria dell'alveo viene definita topograficamente rilevando un numero sufficiente di sezioni trasversali: in particolare le sezioni trasversali non debbono essere in numero inferiore a 4, il loro interasse non deve essere superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo, la differenza tra la quota del profilo di piena nelle sezioni contigue non deve superare i 30 cm (prevale la condizione più restrittiva). Il rilievo delle sezioni trasversali deve definirne compiutamente la forma geometrica e deve spingersi a una quota sensibilmente superiore alla quota del profilo di piena: nel caso di alvei arginati, il rilievo deve proseguire almeno fino al piede esterno dell'argine. Deve essere assicurata la congruenza delle quote del rilievo con le quote della carta di appoggio (ad esempio la carta fotogrammetrica comunale o la Carta Tecnica Regionale).

3.2 Studio idraulico

Lo studio idraulico deve essere svolto conformemente alla direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" (con particolare riferimento al capitolo "Contenuti dello studio di compatibilità"), con un grado di approfondimento commisurato alla situazione specifica.

Le condizioni di deflusso nel tronco idraulico di interesse vengono valutate con i metodi di calcolo riportati nella suddetta direttiva dell'Autorità di bacino, che fanno riferimento a schematizzazioni progressivamente più complesse delle condizioni di moto (modellazione in moto permanente o, se ritenuto necessario, in moto vario).

L'utilizzo dello schema semplificato di moto uniforme può essere applicato solo ed esclusivamente quando il tronco di interesse:

- abbia geometria approssimativamente cilindrica;
- non contenga al suo interno o sul contorno sezioni critiche costituite da salti o strettoie naturali o artificiali che provocano apprezzabili scostamenti dalle condizioni di moto uniforme. In particolare, nel caso di corrente subcritica, l'eventuale strettoia, provocante l'innalzamento del profilo di piena, deve essere posta a una distanza superiore al valore D dall'estremo di valle del tronco di interesse; la distanza D è definita in Fig. 1;
- non presenti situazioni transcritiche con passaggio di corrente da condizione supercritica a subcritica o viceversa; ciò viene verificato confrontando, in ogni sezione di calcolo, la quota di stato critico con la quota di moto uniforme corrispondente alla pendenza locale del fondo.

Lungo il tronco idraulico di interesse deve adottarsi il medesimo valore del coefficiente di resistenza idraulica, a meno che non venga giustificato diversamente.

Il calcolo di moto uniforme viene applicato a un convenzionale alveo cilindrico avente:

- sezione trasversale di forma "intermedia" tra le sezioni rilevate; a favore di sicurezza può essere assunta come sezione convenzionale, la più piccola tra le sezioni rilevate;
- profilo di fondo rettilineo con pendenza pari alla media del tronco di interesse.

Deve essere opportunamente caratterizzata la variazione della resistenza al moto sul perimetro bagnato della sezione composta da alveo inciso e da golene o piane alluvionali laterali, esemplificata in Fig. 2: a tal fine, si utilizza la formula del moto uniforme nella quale viene esplicitata la convettanza:

$$K_i = A_i R_i^{2/3} n_i^{-1}$$

$$Q = i^{1/2} (K_1 + K_2 + \dots + K_N)$$

ove A_i , R_i e n_i sono l'area bagnata, il raggio idraulico e il coefficiente di resistenza di Manning della i -esima porzione di sezione, i è la pendenza di fondo, Q la portata defluente, N il numero delle porzioni della sezione composta.

Le parti esterne della sezione idraulica, il cui contributo al convogliamento delle acque può essere considerato trascurabile, sono escluse dal calcolo.

Le situazioni a rischio di formazione di colate detritiche o di trasporto solido iperconcentrato, specialmente se con pericolo di sovralluvionamento e/o occlusione di opere di attraversamento, debbono essere valutate attraverso specifiche procedure qui non considerate.

3.3 Aree esondabili

Sulla base delle risultanze dei calcoli idraulici si procede alla individuazione delle aree esondabili con le seguenti modalità:

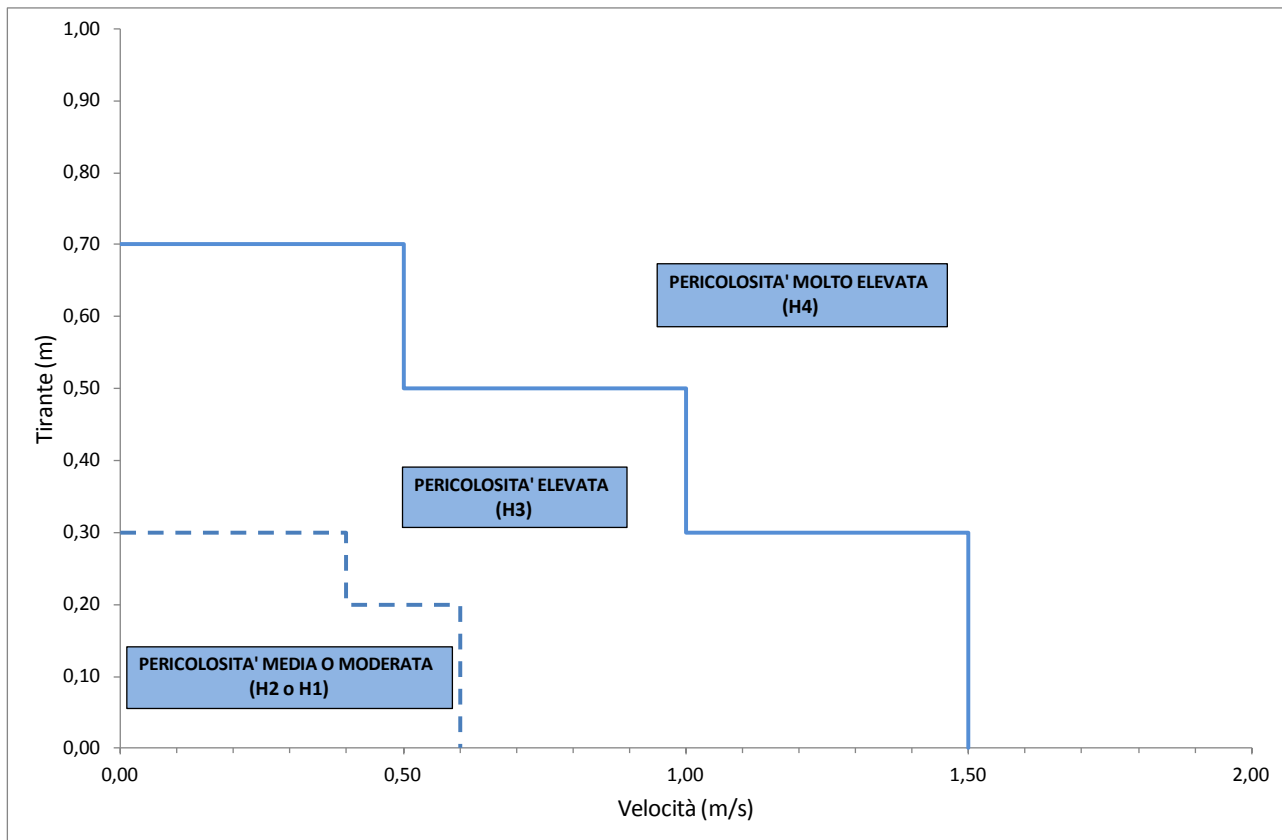
1. confronto dei livelli di piena ottenuti con la morfologia del territorio e tracciamento delle aree esondabili dalla piena di riferimento;
2. confronto critico fra la delimitazione delle aree ottenute al punto precedente con le informazioni disponibili relative a eventi di piena precedenti e con le informazioni di carattere geomorfologico desumibili dall'analisi del territorio;
3. nel caso di corsi d'acqua arginati, può essere utile effettuare una valutazione di massima dei volumi esondabili durante l'evento di piena di riferimento; gli stessi possono quindi essere "distribuiti" sull'area esondabile, eventualmente determinata in base alle analisi morfologiche, al fine di stimare i livelli idrici raggiungibili in caso di sormonto arginale. Solo nei casi più

complessi si potrà valutare l'opportunità di effettuare modellazioni bidimensionali, con eventuale ipotesi di crollo arginale.

3.4 Zonazione della pericolosità

All'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente.



3.5 Zonazione del rischio

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica di cui al precedente punto 3.4, si procede a una suddivisione in zone a diverso livello di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), la cui quantificazione dovrà essere effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H), l'entità degli elementi a rischio - o danno potenziale - (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo la relazione di natura qualitativa:

$$R = H \times E \times V$$

Le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti. Si veda in proposito la seguente tabella:

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Ponendo (a favore di sicurezza) la vulnerabilità pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione di pericolo e danno potenziale, come di seguito riportato:

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio sarà riportata sulla cartografia dello strumento urbanistico comunale.

Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R4** sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni. Ad esse viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 4**. Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R3** possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. A tali aree viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 3**. Le eventuali opere di mitigazione proposte dovranno essere dimensionate secondo i criteri metodologici del presente documento; si dovrà inoltre verificare che la realizzazione delle stesse non interferisca negativamente con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua.

Le prescrizioni specifiche per le diverse aree dovranno essere recepite nelle norme tecniche di piano.

Di seguito si elencano, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che dovranno essere presi in considerazione per la mitigazione del rischio e da indicare quali prescrizioni al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale:

- a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture
 - realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
 - realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
 - progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
 - progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
 - favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
- b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni
 - opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
 - opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
 - fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.
- c) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione
 - uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
 - vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.
- d) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche
- e) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

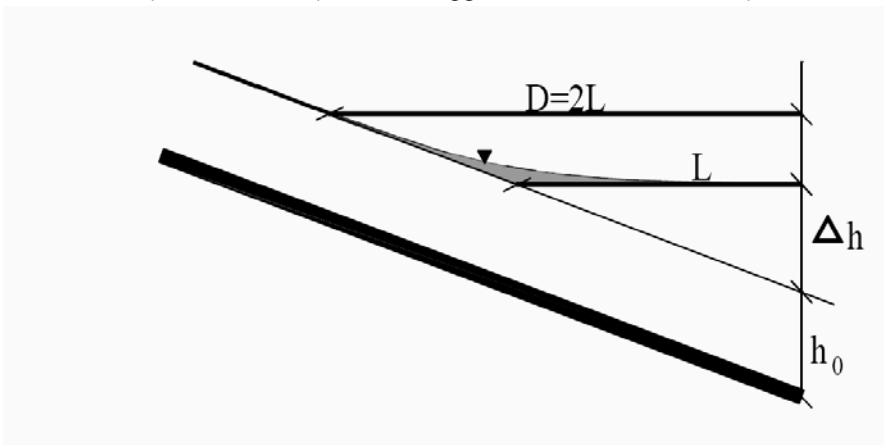


Fig. 1

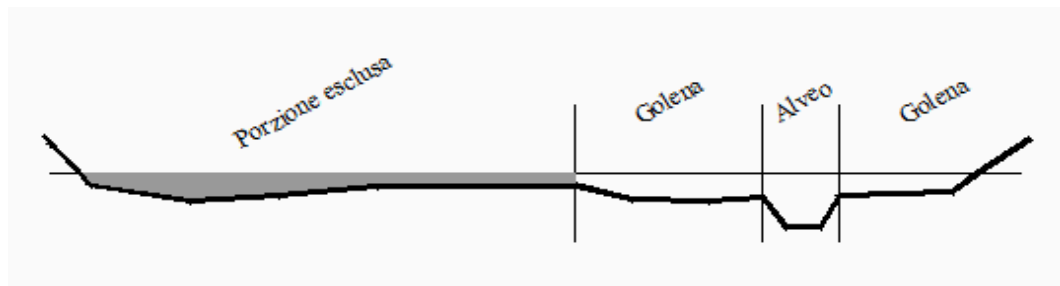


Fig. 2