

Tavola 5.9 Attenuazione delle piene dei corsi d'acqua

Introduzione

Le piene sono fenomeni naturali impressionanti. Le alluvioni su vasta scala che si propongono sovente in concomitanza delle piene (fig. 3) dimostrano che la battaglia centenaria dell'uomo contro questo pericolo naturale non sia ancora vinta. Negli ultimi 200 anni si è proceduto alla rettificazione e all'arginatura di parecchi fiumi. Aree prima sottoposte a ricorrenti alluvioni sono oggi luoghi protetti e di pregio per l'insediamento e le attività industriali. Per altri versi, quando occorrono le grandi piene ci si domanda in che misura esse vengano acuite proprio dalla soppressione dei territori d'inondazione. Le alluvioni su ampia scala colpiscono l'opinione pubblica, sempre molto sensibile ai loro effetti. Bisogna nondimeno ricordarsi di considerare i volumi trattenuti sui territori anche in relazione alle masse defluenti in condizioni di piena. Queste ultime non possono valutarsi nei termini di un semplice prodotto tra i deflussi e il tempo e vengono sovente sottostimate. Così, in occasione della piena del maggio 1999 a Berna sono transitati nell'Aar in 14 giorni circa 600 mio m³ [1]. Il cantone di Zugo, con una superficie di 240 km², si è ritrovato 2.5 m sott'acqua. Per attenuare a Berna il deflusso estremo del maggio 1999 da 620 m³/s a 400 m³/s si sarebbero dovuti accumulare tra Thun e la capitale circa 106 mio m³, il che, con una profondità di 2.5 m d'acqua, avrebbe richiesto una superficie d'allagamento di 40 km². Poiché su tali aree inondate l'acqua tende lentamente a defluire verso valle, la richiesta di spazio ai fini dell'attenuazione della piena risulta in realtà ancora maggiore.

La valutazione degli effetti di ritenzione sulla piena non è semplice. L'effetto di laminazione viene condizionato sia dai processi idraulici di scorrimento nell'alveo e nelle golene, sia dall'andamento della piena e, con ciò, dalle sue modalità idrologiche di formazione (fig. 1). La presente tavola mostra alla mano di casi esemplificativi quanto differenziata possa risultare la laminazione e in quali fiumi ci si possa aspettare una sostanziale attenuazione della piena.

A seconda delle modalità di contenimento dell'onda di piena, si distingue tra la laminazione nell'alveo, la laminazione per accumulo nelle golene e la laminazione per deflusso nelle golene.

Laminazione nell'alveo

Negli alvei ripidi si hanno elevate velocità di scorrimento, perciò non si osserva alcuna attenuazione. Su tratti sufficientemente prolungati può anzi comparire un fronte d'acqua verticale che provoca spesso conseguenze disastrose per le persone da esso coinvolte.

Negli alvei pianeggianti le onde di piena si appiattiscono invece anche in assenza di esondazioni. Il contenimento del deflusso di punta dipende dalle proprietà dell'alveo e dalla forma dell'onda di piena [2,3]. Per pendenze al di sotto dell'1% si può contare su qualche effetto di laminazione (fig. 8). In un alveo di pronunciata scabrosità la laminazione risulta maggiore (fig. 9). Cruciale ai fini dell'attenuazione della piena risulta essere comunque l'intervallo di formazione della stessa (fig. 10). Tanto più rapidamente s'incrementa il deflusso, tanto maggiore è anche l'attenuazione nell'alveo del colmo di piena. Dopo una certa durata della piena gli effetti di laminazione tendono a svanire.

In definitiva, la laminazione nell'alveo è significativa solo nei corsi d'acqua con pendenza del fondo sotto all'1 % e solo per colmi di piena generatisi rapidamente. La prima carta illustra la situazione per varie pendenze fluviali. Si nota come i torrenti e i fiumi del settore alpino e prealpino non producano sensibili effetti di laminazione sulle piene.

Laminazione per accumulo e deflusso

L'attenuazione delle piene mediante l'inondazione delle golene risulta più efficace della laminazione nell'alveo. La laminazione per accumulo consiste in un allagamento delle golene da parte dell'acqua proveniente dall'alveo che, in maniera naturale o per mezzo di manufatti, viene poi addotta in tramogge o invasi delimitati dai terrapieni stradali, con conseguente sottrazione idrica al colmo di piena (fig. 3) [6]. È qui importante il momento in cui si produce l'esondazione. Nel caso in cui questa, a causa di un'insufficiente capacità dell'alveo, si verifichi già all'inizio della formazione della piena, accade che gli invasi si riempiano completamente prima che si produca il colmo e che la punta di deflusso non possa allora essere adeguatamente mitigata.

L'attenuazione dipende in maniera critica dal rapporto tra il volume di accumulo disponibile e il volume che transita con la piena. Se il secondo, suscettibile di esondare nelle golene, risulta molto superiore al primo non si può sperare in un'azione di contenimento.

Molto più frequente, ma anche molto meno efficace, è la laminazione per deflusso. In questo caso l'acqua in eccesso non viene accumulata, bensì fluisce lentamente verso valle sulle superfici di esondazione. Le golene non fungono qui da serbatoi e costituiscono invece una sorta d'estensione laterale dell'alveo (fig. 2). L'attenuazione va ricondotta alle diverse velocità di scorrimento idrico nell'alveo principale e nelle golene [2,3]. In queste ultime la profondità dell'acqua è minore, mentre la scabrosità delle superfici è superiore, di modo che la velocità di scorrimento è rallentata rispetto all'alveo. Una decisa attenuazione dell'onda globale di piena richiede che il ritardo in questione sia pronunciato in misura sufficiente da poter sfasare nettamente lungo il corso d'acqua i colmi tra l'alveo e le golene (fig. 11). L'entità dell'attenuazione dipende quindi dalla differenza tra le velocità di scorrimento nell'alveo e nelle golene, dalla durata della piena, nonché dalla lunghezza del tratto considerato.

Così, se le velocità in oggetto sono prossime occorre un cospicuo tratto di scorrimento oppure una breve durata della piena, affinché l'idrogramma si modifichi sensibilmente. Per fare un esempio, su un troncone di 10 km e per una differenza delle velocità di scorrimento di 1 m/s si possono attenuare solo piene di durata inferiore alle 3 ore.

Idrologia

La tavola 5.7 ha messo in luce in sei casi come ciascun bacino imbrifero produca reazioni caratteristiche nella formazione delle piene. A evidenziare la laminazione sono, in base ai vincoli idraulici del caso, solo le piene contraddistinte da brevi intervalli di crescita. Onde di piena ripide e brevi si generano nei bacini ove i suoli hanno un'esigua capacità di ritenzione, qual è il caso di Allenbach (Adelboden). Condizioni di questo tipo vigono soprattutto nelle Alpi e nelle Prealpi. Per altri versi, in queste regioni le pendenze degli alvei risultano spesso superiori all'1 %, così che l'effetto di laminazione influisce comunque poco sul fenomeno. Nelle regioni pianeggianti con pendenze di fondo inferiori all'1 % si annoverano frequentemente suoli dotati di una maggiore capacità di ritenzione. Ciò implica la formazione di piene che, a causa della loro lunga formazione, comportano uno scarso effetto di laminazione. Da queste riflessioni si conclude che la laminazione non prende piede in ogni situazione, ma solo per certe piene e in certi bacini imbriferi, come ad esempio nei Langeten [4]. Il corso superiore dei Langeten è ripido, così che la formazione delle piene è generalmente veloce. Il corso inferiore è pianeggiante e si accompagna a cospicue superfici di esondazione. Nel bacino dei Langeten le piene risultano quindi per lo più considerevoli, ma vengono poi contenute, grazie all'effetto di laminazione. Anche presso Luthern si ha una discreta attenuazione delle piene; non mancano tuttavia episodi di scarsa laminazione. Sebbene la Dünneren denoti un decorso inferiore assai piatto, la laminazione non produce effetti di attenuazione, per via del lungo intervallo di crescita della piena (fig. 4).

La seconda carta evidenzia quei bacini in cui le piene, in virtù del decorso di formazione o delle pendenze in gioco, sono suscettibili di essere attenuate. Il tracciamento della carta si fonda sulla lettura del limnigrafo e dei corrispettivi istanti di formazione della piena; nel caso di corsi d'acqua per cui non si disponesse di registrazioni si è proceduto a stime desunte dalle caratteristiche idrologiche.

Il caso Thur

La Thur risulta canalizzata nel suo decorso inferiore ed è dotata di ampie golene che vengono allagate in occasione dei deflussi più nutriti. Calcoli idraulici approfonditi illustrano quali siano nel tratto fluviale tra Halden e Andelfingen i gradi di attenuazione per piene di durata ed entità diversa (fig. 5). Per le piene con intervalli di crescita di oltre 10 ore non ci si può aspettare un'azione calmierante dalla laminazione nell'alveo e dall'allagamento delle golene. Ad ogni modo, gli intervalli d'incremento e i colmi di piena degli ultimi 35 anni si trovano spesso al di sotto dei limiti di possibilità di attenuazione. Le piene in tale segmento tendono dunque a non evidenziare laminazione.

Il caso Gürbe

Qui l'effetto di laminazione può risultare alquanto marcato. Il 29 luglio 1990 si è registrata nel giro di poche ore una precipitazione di 240 mm caduta sulla porzione superiore del bacino imbrifero. La veloce crescita dell'onda di piena ha impresso tracce profonde nel ripido decorso superiore. Prima del limnigrafo di Burgstein la Gürbe guadagna la pianura e confluisce poi con scarsa pendenza nell'Aare, al di sotto di Belp. Si tratta dunque di un tratto di fiume che stabilisce buone premesse per la laminazione. In occasione della piena del 1990 la pianura è stata in più parti inondata [5]. Gli alberi trascinati dalla corrente hanno congestionato un ponte a Toffen, causando ulteriori allagamenti. Il diagramma in figura 6 mette in luce l'effetto degli straripamenti sul deflusso presso Belp. Basandosi sull'afflusso presso Burgstein, rappresentato in figura, si è proceduto mediante un modello numerico alla valutazione del deflusso presso Belp. I calcoli sono stati condotti, ammettendo di ottenere in un caso un'attenuazione in virtù della sola laminazione nell'alveo e nell'altro anche di un'aggiuntiva esondazione. Tali idrogrammi sono stati confrontati con il deflusso effettivamente misurato a Belp, a sua volta mitigato dall'ostruzione del ponte di Toffen. Mentre la piena nel tratto superiore della Gürbe è stata un accadimento eccezionale, l'effetto di laminazione ha fatto sì ch'essa non fosse quasi avvertita presso Belp. La laminazione nell'alveo ha indotto un'attenuazione del deflusso di $5 \text{ m}^3/\text{s}$. L'esondazione di un volume di $160\,000 \text{ m}^3$ ha contribuito con un'ulteriore riduzione di $34 \text{ m}^3/\text{s}$. L'intasamento del ponte ha provocato da parte sua una deviazione di $290\,000 \text{ m}^3$ d'acqua, concorrendo però a un contenimento della piena di soli $12 \text{ m}^3/\text{s}$, dato che la sottrazione si è prodotta molto prima del raggiungimento del colmo, vale a dire in un momento poco opportuno.

Considerazioni finali

La tavola mostra nel complesso come le grandi piene vengano attenuate efficacemente dalla laminazione naturale in un numero inaspettatamente esiguo di bacini. La durata della piena è nella maggior parte dei casi talmente lunga che l'effetto di laminazione viene meno, per via delle proprietà idrauliche, già prima del transito del colmo di piena.

Bibliografia

- [1] **Aschwanden, H., Bürgi, T. (2000):** Hochwasser 1999 – Analyse der Messdaten und statistische Einordnung. Hydrologische Mitteilung, Nr. 28, Bern.
- [2] **Haider, S. (1994):** Der Beitrag der Vorlandüberflutungen zur Verformung der Hochwasserwellen. Mitteilung der VAW, Nr. 128, Zürich.
- [3] **Haider, S. (1994):** Die Retentionswirkung von Vorlandüberflutungen und ihre Abschätzung. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 46. Jg., Heft 7/8:171–181, Wien, New York.
- [4] **Haider, S. (1994):** Überschwemmung und Hochwasserwahrscheinlichkeit, Fallbeispiel Langete. In: Wasser–Energie–Luft 7/8:240–242, Baden.
- [5] **Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (1997):** Die Hochwasser der Gürbe (Entstehung, Ablauf, Häufigkeit), Bericht Nr. A 2/97, Zürich.
- [6] **Naef, F. (1991):** Natürliche und künstliche Retention im Reusstal. In: BWW/LHG (Hrsg.): Ursachenanalyse der Hochwasser 1987 – Ergebnisse der Untersuchungen, Hydrologische Mitteilung, Nr. 14, Bern.