



Soglie pluviometriche per l'allerta di piena nei piccoli bacini piemontesi

G. Ravazzani¹, S. Barbero², A. Salandin², T. Caloiero³, M. Mancini¹

¹Politecnico di Milano. – e-mail: giovanni.ravazzani@polimi.it
²Arpa Piemonte
³CNR-ISAFOM

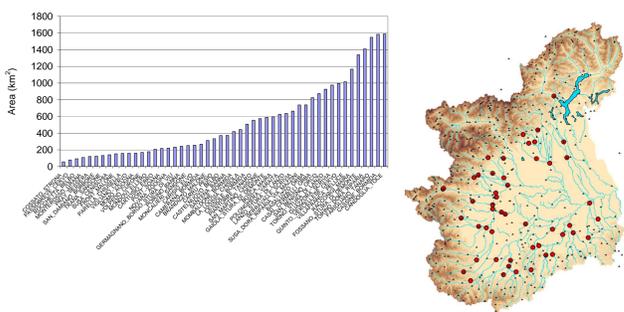
ABSTRACT. Negli ultimi decenni si è assistito ad una notevole crescita di attenzione verso i problemi della difesa dagli eventi alluvionali, indotta dall'aumento della intensità e della frequenza degli eventi di piena. Per la riduzione del rischio, accanto agli interventi di tipo strutturale volti direttamente a ridurre i colmi di piena, si collocano i sistemi previsionali di tipo non strutturale. In questo contesto può rivelarsi utile la conoscenza 'a priori' della pericolosità di un campo di precipitazione atteso o osservato per la sezione fluviale presa in considerazione. Una sintesi di queste conoscenze è rappresentata dalle linee segnalatrici di precipitazione critica cumulata a scala di bacino, le quali definiscono i valori critici di pioggia in grado di innescare fenomeni di esondazione nella sezione di interesse del bacino colpito da un nubifragio.

L'obiettivo del lavoro presentato è la determinazione di soglie pluviometriche di allerta di piena per le sezioni critiche dei piccoli bacini presenti nel territorio della regione Piemonte e la valutazione della loro affidabilità sulla base degli eventi storici. La valutazione delle soglie pluviometriche si è basata sulla ricerca della soluzione inversa della classica trasformazione afflussi meteorici in deflussi di piena. Infatti, assegnata una portata di guardia nelle sezioni caratteristiche di un tronco fluviale, si determina tramite modellistica numerica la quantità di precipitazione lorda, che per diverse durate determina la portata di piena assegnata.

L'impiego della simulazione idrologica per la valutazione delle linee segnalatrici di precipitazione cumulata critica comporta l'esecuzione di esperimenti di simulazione in grado di enucleare, in base ai diversi scenari di precipitazione che si possono potenzialmente verificare su un bacino idrografico, la configurazione critica del campo di precipitazione che corrisponde al superamento della prefissata portata critica di riferimento nella sezione di chiusura del bacino stesso. La soluzione del problema inverso per la determinazione della precipitazione di soglia è stata condotta numericamente tramite un modello idrologico distribuito.

VALUTAZIONE DELLE SOGLIE PLUVIOMETRICHE

CASO STUDIO



50 bacini sul territorio piemontese con aree variabili da 50 a 1600 km²

L'area di studio include le sezioni idrografiche del bacino del Po e dei suoi affluenti ricadenti all'interno del territorio della Regione Piemonte. In particolare, i criteri considerati per la scelta delle sezioni di calcolo sono stati:

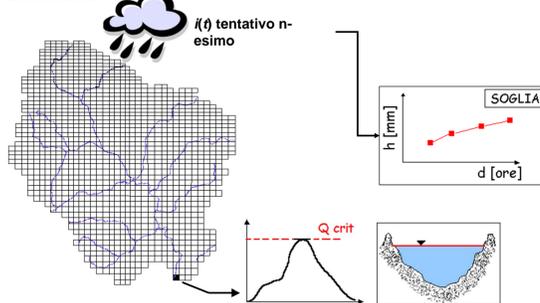
1. bacino idrografico di dimensioni medio-piccole per il quale non risulta applicabile un sistema di allertamento basato sulla propagazione dell'onda di piena;
2. presenza di un misuratore di portata necessario alla calibrazione del modello idrologico usato per il calcolo della soglia pluviometrica;
3. disponibilità dei valori di portata di esondazione (codici di allerta);
4. buona copertura del bacino dalla mappa radar.

SCHEMA DI CALCOLO DELLA SOGLIA

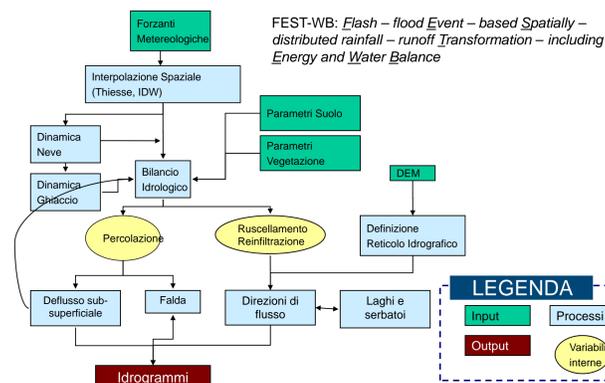
Procedura automatica iterativa

... soluzione del problema inverso della trasformazione afflussi-deflussi (in modo iterativo)

FEST Flash – flood Event – based Spatially – distributed rainfall – runoff Transformation



MODELLO IDROLOGICO FEST-WB



Ravazzani, G., Ghilardi, M., Mendlik, T., Gobiet, A., Corbari, C., Mancini, M. (2014). Investigation of Climate Change Impact on Water Resources for an Alpine Basin in Northern Italy: Implications for Evapotranspiration Modeling Complexity. PLoS ONE, 9(10): e109053. doi:10.1371/journal.pone.0109053

Corbari, C., and Mancini, M. (2014). Calibration and validation of a distributed energy water balance model using satellite data of land surface temperature and ground discharge measurements. Journal of hydro meteorology, 15, 376-392.

Boscarello, L., Ravazzani, G., Rabuffetti, D., Mancini, M. (2014). Integrating glaciers raster-based modelling in large catchments hydrological balance: the Rhone case study, Hydrological Processes, 28(3), 496-508. doi: 10.1002/hyp.9586.

CALIBRAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO

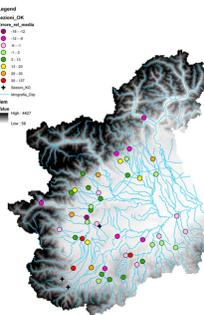
Gli indici per la valutazione delle performance del modello sono l'errore medio percentuale sulla portata al colmo (mean biased error, MBE) e l'errore medio percentuale sulla portata al colmo in valore assoluto (mean absolute error, MAE):

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Q_{sim,j}^{max} - Q_{obs,j}^{max}}{Q_{obs,j}^{max}}}{n}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Q_{sim,j}^{max} - Q_{obs,j}^{max}|}{Q_{obs,j}^{max}}}{n}$$

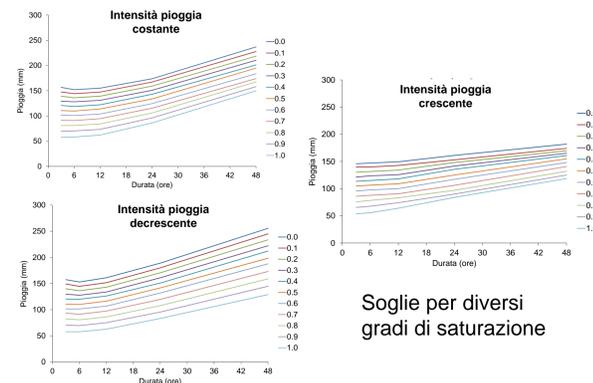
dove n indica il numero degli eventi disponibili per la sezione considerata, la portata al colmo simulata dal modello e la portata al colmo osservata. Il periodo considerato è stato suddiviso in periodo di calibrazione e validazione in modo da utilizzare l'80% del numero degli eventi per la fase di calibrazione e la rimanente parte del 20% per la validazione del modello. La calibrazione viene ritenuta soddisfacente se la media degli errori relativi risulta minore del 20%, percentuale

CALIBRAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO



Errore medio relativo ottenuto nelle singole sezioni

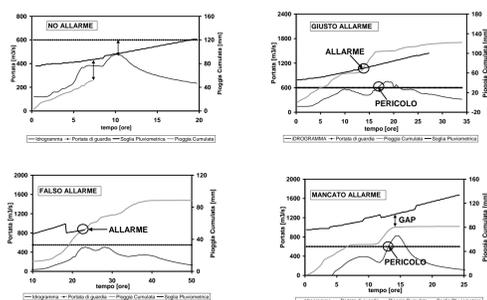
ESEMPIO DI SOGLIE CALCOLATE



Soglie per diversi gradi di saturazione

ANALISI DI AFFIDABILITÀ

DEFINIZIONI



$$POD = \frac{X}{X+Y}$$

$$FAR = \frac{Z}{X+Z}$$

$$CSI = \frac{X}{X+Y+Z}$$

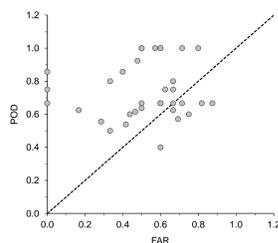
$$CPI = \frac{X+W}{X+Y+Z+W}$$

		SUPERAMENTO PREVISTO	
		SI'	NO
SUPERAMENTO OSSERVATO	SI'	X	Y
	NO	Z	W

dove X è il numero dei giusti allarme, Y è il numero dei mancati allarme, Z è il numero dei falsi allarme e W è il numero dei corretti no allarme

PERFORMANCE DELLE SOGLIE

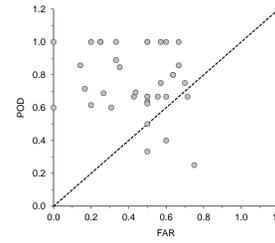
Indice POD rispetto all'indice FAR ottenuto dalle soglie pluviometriche.



POD = 0.74
FAR = 0.54
CSI = 0.37
CPI = 0.74

PERFORMANCE DEL MODELLO IDROLOGICO

Indice POD rispetto all'indice FAR ottenuto dal modello idrologico distribuito.



POD = 0.76
FAR = 0.47
CSI = 0.45
CPI = 0.80

CONCLUSIONI Le soglie pluviometriche di allarme di piena costituiscono uno strumento che permette di discriminare se la precipitazione meteorica prevista o in atto determini, in sezioni critiche del reticolo idrografico, portate di piena tali da destare stato di allerta negli organismi preposti alle funzioni di protezione civile. Fissata la sezione fluviale esse individuano l'altezza di precipitazione lorda ragguagliata che per diverse durate genera la portata di guardia. Una fase importante del lavoro svolto ha riguardato la calibrazione del modello idrologico distribuito che ha preso in considerazione gli eventi principali registrati nel periodo compreso tra il 2000 ed il 2011, per un numero totale di eventi pari a circa 500. Questa fase del lavoro ha permesso anche di individuare le sezioni che presentano problemi nella misura di portata o delle precipitazioni o per le quali semplicemente il modello idrologico non rappresenta correttamente i processi idrologici. Queste sezioni sono state escluse dalle analisi successive in quanto ritenute inaffidabili.

Per 40 sezioni sono state calcolate le soglie pluviometriche considerando la combinazione di 3 andamenti temporali caratteristici della precipitazione (ietotipi) e di 11 valori di grado di saturazione iniziale del bacino idrografico compreso tra i valori estremi 0-1. La procedura iterativa ricerca quel valore di precipitazione cumulata capace di causare un idrogramma con portata al colmo pari al codice di allerta 2, assunto come riferimento per il sistema di allerta. La trasformazione afflussi-deflussi fa ricorso al modello idrologico distribuito precedentemente calibrato. Le soglie così calcolate sono state sottoposte a validazione, considerando le misure di precipitazione e portata disponibili nel periodo storico considerato nell'analisi. Le performance del sistema sono risultate soddisfacenti anche in relazione a quelle che sarebbero state quelle di un sistema di allerta che avesse usato il modello idrologico distribuito direttamente per la simulazione degli eventi di piena.