

SISTEMA INTEGRATO DI PREVISIONE DELLE PIENE IN TEMPO REALE NEL BACINO IDROGRAFICO DEL PIAVE

Elena Crestani^{1}, Giulia Passadore¹, Daniele Pietro Viero¹, Luca Carniello¹, Enrico Bertuzzo², Bruno Matticchio³, Luigi D'Alpaos¹ & Andrea Rinaldo^{1,4}*

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università di Padova

(2) Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari

(3) Ipros Ingegneria Ambientale srl, Padova

(4) Laboratory of Echohydrology (ECHO/IIIE/ENAC), École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

*email: elena.crestani@unipd.it

ASPETTI CHIAVE

- Modello idrologico-idrodinamico per la previsione delle piene in tempo reale nel Piave.
- Software con interfaccia grafica GIS funzionale al monitoraggio di eventi di piena.
- Affidabilità del sistema convalidata dalla riproduzione di eventi passati.

1 PREMESSA

Il territorio del Veneto è stato interessato negli ultimi anni da episodi alluvionali che ne hanno dimostrato la vulnerabilità in termini di rischio idraulico. Con riferimento in particolare al bacino del Piave, tra il 28 e il 30 ottobre 2018 si è verificato il calamitoso evento di piena denominato “tempesta Vaia”, secondo, in termini di risposta del bacino, solo al memorabile evento del novembre 1966. Gli effetti, talora catastrofici, causati dagli eventi alluvionali evidenziano la necessità di avere a disposizione un sistema che, in tempo reale, consenta di prevedere e monitorare l'evoluzione degli eventi di piena e le relative conseguenze prodotte sul territorio posto in adiacenza ai corsi d'acqua.

Il presente studio riguarda l'implementazione di un sistema modellistico integrato climatico-idrologico-idrodinamico, denominato I.M.A.Ge. (Interfaccia e Modello per l'Allerta e la Gestione delle piene), fisicamente basato e spazialmente distribuito, che descrive esplicitamente i processi di trasformazione afflussi-deflussi e i fenomeni idrodinamici legati alla propagazione delle onde di piena. Questo sistema, già sviluppato per il bacino del Brenta-Bacchiglione (Crestani *et al.*, 2018), è stato ora esteso al bacino del Piave, implementando la catena modellistica dai bacini montani alla foce (Figura 1). La nota ne mostra quindi le caratteristiche e lo sviluppo.

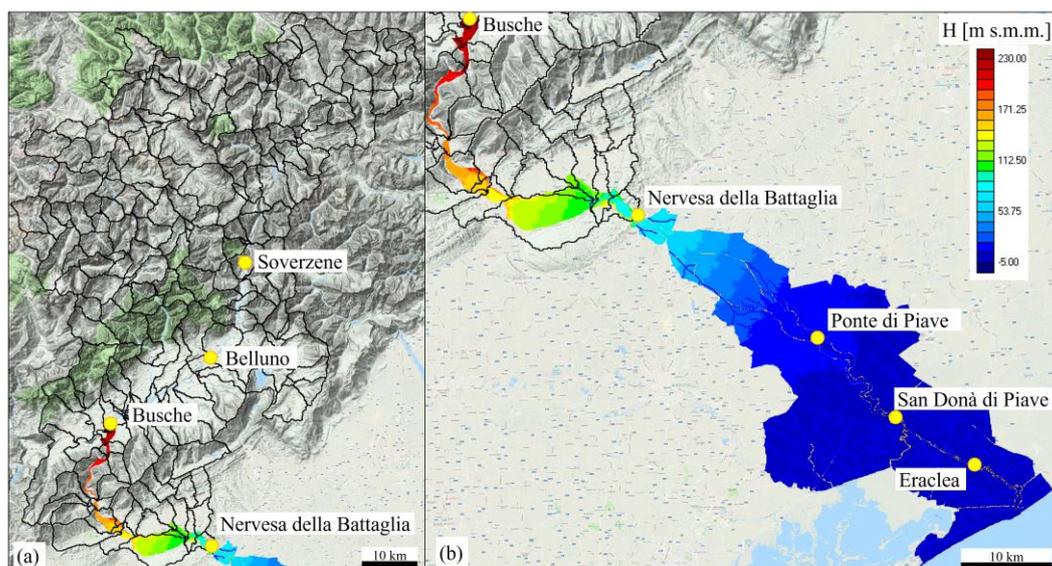


Figura 1. Schematizzazione del bacino del Piave utilizzata in I.M.A.Ge.: a sinistra (a) sono evidenziati i bacini montani del modello idrologico, a destra (b) il dominio di calcolo del modello idrodinamico con le quote del fondo in scala a colori.

2 MODELLAZIONE IDROLOGICO-IDRODINAMICA

La catena modellistica predisposta stima gli idrogrammi di piena a partire dalle piogge, misurate o previste, con un modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi. Tali idrogrammi vengono quindi propagati lungo l'asta fluviale, mediante un modello idrodinamico che valuta l'evoluzione dell'onda di piena e i possibili allagamenti nel dominio di interesse

2.1 Modellazione Idrologica

Il modello idrologico sviluppato elabora, attraverso l'utilizzo di interpolatori geostatistici, la distribuzione spaziale e temporale della precipitazione e stima le componenti efficaci della pioggia mediante opportune equazioni di bilancio idrologico. La risposta idrologica viene calcolata sulla base della convoluzione tra la pioggia efficace ed un idrogramma istantaneo unitario di tipo geomorfologico che tiene in conto l'eterogeneità dei percorsi di drenaggio all'interno di un bacino, includendo in modo esplicito i processi di dispersione all'interno del suolo e il contributo alla dispersione relativo al reticolo idrografico ed alla sua morfologia (es., *Rinaldo et al.*, 1996).

Per caratterizzare la risposta idrologica del bacino in continuo, il modello necessita di essere opportunamente tarato, operazione per la quale è necessario disporre di una serie storica *sufficientemente* lunga di misure di portate che, confrontate con le portate modellate, consentono l'identificazione dei parametri del modello. Le operazioni di taratura del bacino del Piave si sono mostrate piuttosto articolate sia per la complessità del bacino, caratterizzato da una forte antropizzazione con numerose dighe e sbarramenti che alterano la naturale evoluzione delle portate, sia per l'incertezza o la difficoltà di reperimento dei dati. Gli idrometri utilizzati per la calibrazione, ottenuta tramite l'algoritmo di Markov Chain Monte Carlo (MCMC), nell'implementazione Differential Evolution Adaptive Metropolis [Vrugt et al., 2010], sono posizionati: sul Boite a Cancia; sul Cordevole a Ponte Mas; alla traversa di Soverzene; alla traversa di Busche; alla traversa di Nervesa. Il modello idrologico simula, inoltre, la gestione dei tre principali serbatoi artificiali presenti all'interno del bacino: il serbatoio di Pieve di Cadore, il serbatoio del Mis e il serbatoio di S. Croce. Infine, è inserito un modulo di accumulo e scioglimento nivale che, data la temperatura misurata o prevista, stima l'eventuale contributo dello scioglimento della neve alla formazione della piena. A titolo di esempio, in Figura 2 è mostrato il confronto tra le portate misurate e le portate modellate dal modello idrologico alla sezione di Nervesa della Battaglia durante l'evento di ottobre 2018. L'esempio riportato consente di apprezzare la capacità del modello di riprodurre correttamente la dinamica del processo.

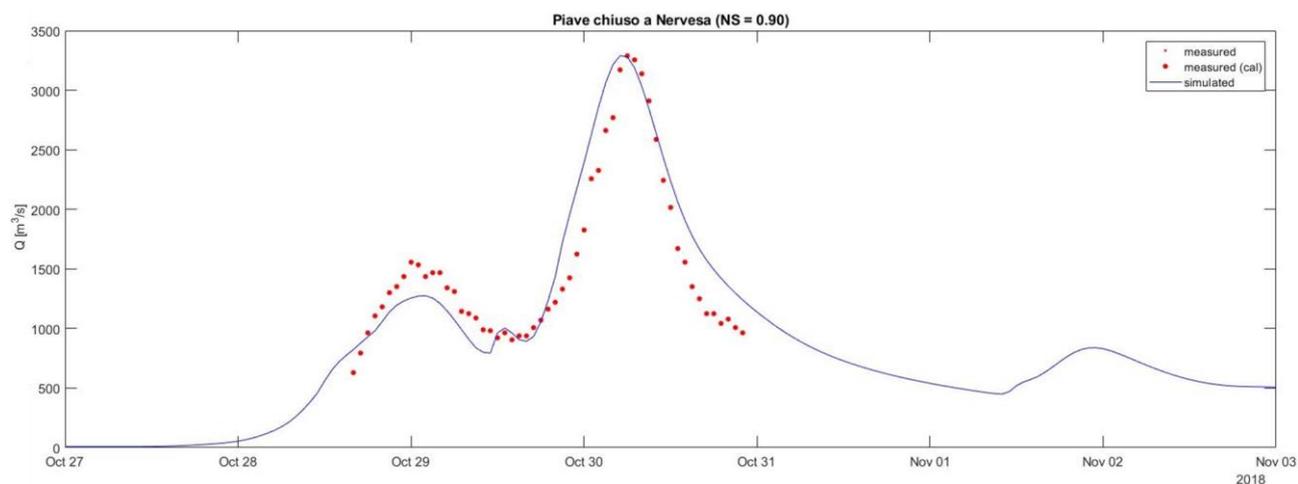


Figura 2. Confronto tra le portate misurate e modellate dal modello idrologico a Nervesa della Battaglia durante l'evento Vaia.

2.2 Modellazione Idrodinamica

Il modello idrodinamico utilizzato, descritto in numerosi contributi scientifici (es., *Defina*, 2000; *Viero et al.*, 2013), è basato sulla soluzione delle equazioni di De Saint Venant che descrivono il moto bidimensionale di una corrente a superficie libera nelle ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni,

velocità uniformemente distribuite lungo la verticale e fondo inerodibile. Modificando opportunamente tali equazioni per descrivere in modo efficiente la transizione asciutto-bagnato (Defina, 2000), fondamentale nei fenomeni di esondazione, la risoluzione avviene adottando uno schema numerico agli elementi finiti su di una griglia a elementi triangolari, tramite la quale il dominio di interesse viene schematizzato. Il modello consente inoltre di accoppiare agli elementi triangolari bidimensionali degli elementi unidimensionali, i quali descrivono il comportamento dei canali della rete minore o dei manufatti presenti all'interno del reticolo idrografico (traverse, paratoie, argini, ecc.).

Il reticolo di calcolo oggetto di questo studio si estende dalla traversa di Busche, sezione di contatto tra il modello idrologico e il modello idrodinamico, alla foce del Piave, in località Cortellazzo, e comprende anche, nel tratto arginato tra la traversa di Nervesa e la foce, le due fasce di territorio adiacenti all'alveo, delimitate sulla base delle aree allagate dalla piena del novembre 1966. La gestione e gli effetti della presenza dello sbarramento fluviale di Nervesa vengono opportunamente simulati tramite l'utilizzo di elementi speciali unidimensionali "paratoia" e "traversa". La calibrazione del modello idrodinamico consiste nell'assegnazione dei coefficienti di scabrezza secondo Strickler agli elementi che schematizzano il reticolo di calcolo, il quale viene allo scopo suddiviso in classi omogenee di scabrezza (ad es., filoni di magra, zone golenali, zone edificate, ecc.). I valori del coefficiente di scabrezza secondo Strickler, coerenti con la classe di appartenenza, sono assegnati in modo che i livelli modellati nel corso di eventi di piena del recente passato ben riproducano i livelli misurati alle sezioni strumentate disponibili: Segusino, Nervesa della Battaglia, Ponte di Piave, San Donà di Piave ed Eraclea. La procedura di calibrazione si avvale anche delle misure di portata realizzate in corso d'evento, quando disponibili. In Figura 3 viene mostrato, a titolo di esempio, il confronto tra i livelli misurati e modellati nelle tre stazioni idrometriche del tratto vallivo del Piave durante l'evento di ottobre 2018. Anche in questo caso, i risultati mostrati evidenziano la capacità del modello numerico implementato di riprodurre in modo più che soddisfacente la dinamica del processo nelle sue diverse fasi.

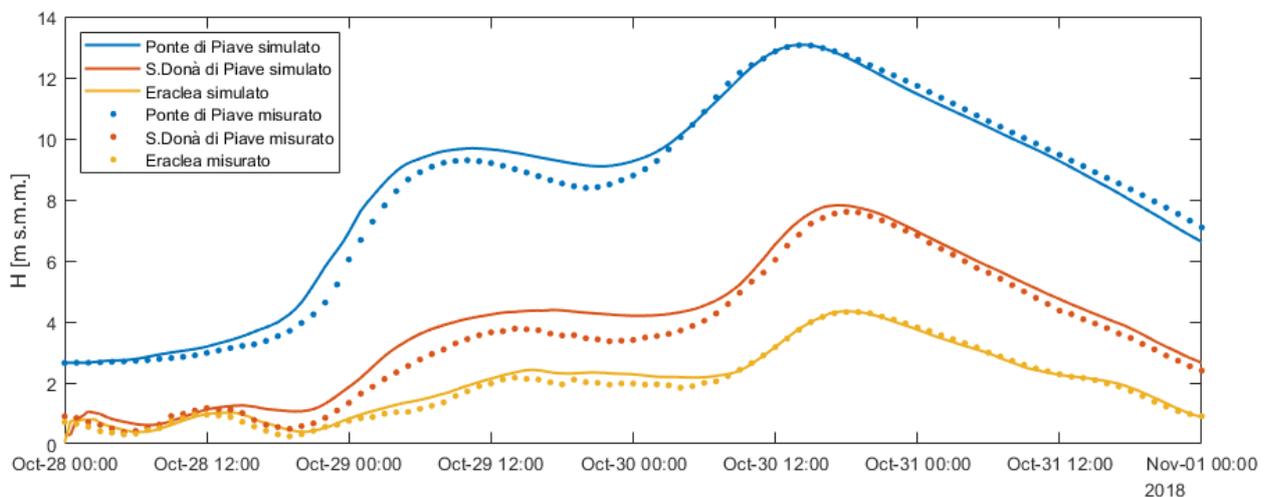


Figura 3. Confronto tra i livelli misurati e modellati dal modello idrodinamico in tre stazioni di misura durante l'evento Vaia

3 IL SISTEMA INTEGRATO PER LA PREVISIONE DELLE PIENE IN TEMPO REALE I.M.A.Ge.

Il sistema integrato I.M.A.Ge. è stato sviluppato per essere operativo presso il Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Protezione Civile della Regione Veneto e permettere alle Autorità Regionali competenti di monitorare e gestire gli eventi di piena in tempo reale. Per facilitarne la gestione, è stato sviluppato un software con interfaccia grafica che, in circa 10 minuti, si occupa, nell'ordine, di: elaborare le misure provenienti dalla rete di telerilevamento RT SIRAV e le previsioni del modello meteorologico; realizzare la corsa del modello idrologico e, in cascata, la corsa del modello idrodinamico; analizzare e post-processare i risultati del sistema mediante rappresentazioni grafiche dei parametri idraulici calcolati quali livelli e portate. Il funzionamento del sistema di calcolo è schematizzato in Figura 4. I risultati, oltre ad

essere disponibili in formato compatibile con sistemi GIS, vengono anche raccolti in report sintetici creati automaticamente dall'interfaccia e utilizzabili dalle Autorità a scopo di Informazione e Allertamento oltre che per programmare le azioni di Protezione Civile eventualmente necessarie.

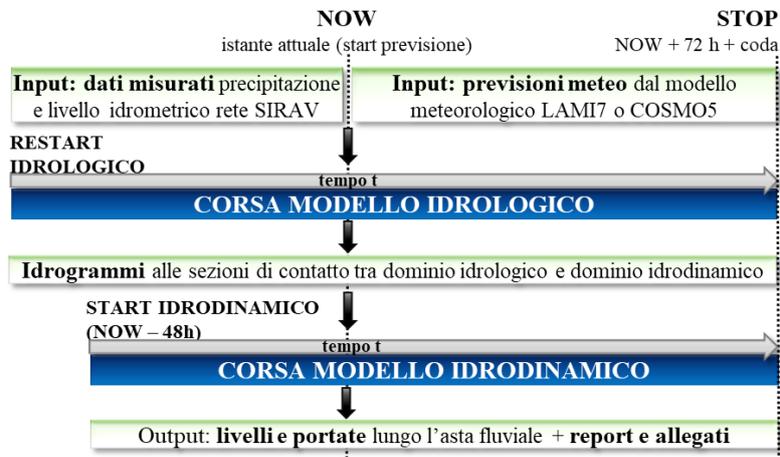


Figura 4. Schema di flusso operativo del sistema integrato I.M.A.Ge.

4 CONSIDERAZIONI FINALI E SVILUPPI

Il sistema I.M.A.Ge. rappresenta uno strumento operativo sviluppato per il CFD della Protezione Civile del Veneto. È stato recentemente esteso al bacino del Piave (oltre a quello del Brenta-Bacchiglione) e consente di prevedere e monitorare in tempo reale l'evoluzione di eventi di piena all'interno dei bacini stessi.

Per migliorare ulteriormente le prestazioni del modello, il cui aggiornamento continuo rientra nell'ambito della collaborazione pluriennale tra Regione Veneto e Dipartimento ICEA dell'Università di Padova, è previsto l'utilizzo di tecniche di data assimilation, volte a limitare gli errori dei campi di precipitazione previsti. Saranno inoltre approfonditi gli aspetti legati all'incertezza della previsione anche mediante l'utilizzo del modello meteorologico COSMO-LEPS.

Si ringraziano la Regione Veneto, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Veneto, il Consorzio di bonifica Piave, il Consorzio di bonifica del Veneto Orientale e ENEL Green Power, che hanno consentito la realizzazione dell'attività.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Crestani, E., Mel, R., Passadore, G., Viero, D.P., Carniello, L., Matticchio, M., Boscolo, P., Cremonese, S., Saccardo, I., De Fanti, B., Puiatti, M., D'Alpaos, L. & Rinaldo, A. Sistema integrato di previsione delle piene in tempo reale nel bacino idrografico Brenta-Bacchiglione, Atti del convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Ancona, 2018.
- Defina, A. Numerical experiments on bar growth, *Water Resources Research*, 2003, 39(4).
- Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. Geomorphological theory of the hydrological response, *Hydrological processes*, 1996, 10(6):803–829.
- Viero, D.P., D'Alpaos, A., Carniello, L., & Defina, A. Mathematical modeling of flooding due to riverbank failure, *Advances in Water Resources*, 2013, 59:82–94.
- Vrugt, J. A., Ter Braak, C. J. F., Diks, C. G. H., Robinson, B. A., Hyman, J. M. & Higdon, D., Accelerating Markov chain Monte Carlo simulation by differential evolution with self-adaptive randomized subspace sampling, *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 10(3):273–290, 2010.