

## **Ricostruzione del fenomeno di *flash flood* occorso ad Atrani il 9 Settembre 2010**

Fabio Ciervo & Maria Nicolina Papa

CUGRI - Cosnorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi, Università degli Studi di Salerno, Fisciano (SA) - ITALIA

Vicente Medina & Allen Bateman

GITS-UPC - Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, SPAGNA

Nei giorni che hanno preceduto il 9 Settembre 2010 un intenso sistema di bassa pressione ha interessato il Nord Europa richiamando masse caldo-umide dalle aree mediterranee verso le regioni meridionali d'Italia favorendo le condizioni per lo sviluppo di importanti sistemi temporaleschi convettivi a mesoscala- $\beta$  (Mesoscale Convective Systems - MCS) che hanno interessato l'intero comprensorio costiero campano manifestandosi, con fortissime intensità, in zone estremamente confinate del territorio (Castellammare, Scala e Atrani) (CEMPID, 2010).

Agli eventi pluviometrici sopracitati sono succeduti effetti al suolo rilevanti. A fenomeni di dilavamento generatisi per effetto idrodinamico del ruscellamento lungo le superfici dei versanti si sono affiancate evidenze di erosione profonda per convogliamento delle correnti iperconcentrate nei canali di impluvio (località Santa Caterina e Santa Maria dei Monti, porzione del bacino ricadente nel comune di Scala). Quest'ultime non hanno raggiunto l'asta fluviale principale del reticolo non contribuendo in tal modo alle dinamiche del fenomeno alluvionale di valle.

L'esondazione della piena che ha investito Atrani è da attribuire certamente alle eccezionali peculiarità dell'evento pluviometrico ma, nel contempo, ad un evidente malfunzionamento della tombinatura, che per sue caratteristiche dimensionali e funzionali non è stata in grado di far defluire ad arte la portata idrica a mare. La parte culminante dell'onda di piena sfiorando la soletta di copertura del tombino, alla sua sezione di imbocco, si è riversata in strada, invadendo Via dei Dogi e la sottostante piazza Umberto I. Le sovrappressioni generate dal flusso nel tombino hanno comportato la rottura della soletta di copertura in un punto di valle, in corrispondenza di un netto cambio di pendenza (da maggiore a minore) del profilo longitudinale della condotta, con conseguente immissione di portata in superficie e modifica sostanziale delle dinamiche idrauliche di valle.

### **Ricostruzione dell'evento**

L'insieme delle informazioni ottenute dalle indagini di campo, osservazioni video e interviste ai locali, costituisce il data-set necessario alla calibratura dei modelli matematici utilizzati ai fini della ricostruzione degli eventi alluvioni laddove questi si verificano in bacini non strumentati.

Nello studio in oggetto, immagini video ed osservazioni di campo hanno fornito il supporto necessario alla stima idraulica, seppur approssimativa, dei parametri idrometrici utili all'implementazione dei modelli utilizzati.

### **Ricostruzione idrologica**

Il fenomeno di piena che ha investito Atrani è da annoverarsi nella categoria delle piene improvvise, al quale termine, corrisponde in letteratura scientifica internazionale, la definizione di *flash flood*. A connotare il fenomeno sono lo scarso o addirittura nullo preavviso e la particolarità fenomenologica per la quale i processi idrologici di formazione dell'evento si attuano nella stessa scala spaziale e temporale del fenomeno pluviometrico che lo scatena (AMS, 2000 - Kelsch et al., 2000). Da informazioni video-estrate, il picco di portata è avvenuto approssimativamente intorno alle 19:00, mentre il picco di pioggia, registrato alla stazione pluviometrica di Ravello (40°39'24.3"N - 14° 36' 52.5"E, 390 m s.l.m.) è stato registrato tra le 18:00h e le 18:10h (Figura

1a). Il tempo di ritardo idrologico osservato è stato pertanto di circa 1h. Il tempo di corrivazione, secondo la formulazione di Giandotti, è di 1.13h. L'idrogramma di piena riportato in figura è stato ricostruito con un modello afflussi-deflussi geomorfologico del tipo WFIUH (*Width Function Istantaneous Unit Hydrograph*). I parametri di calibratura del modello sono stati la velocità media della particella d'acqua sulla superficie del bacino ( $V_{\text{mean}} = 0.08 \text{ m/s}$ ) e la diffusività idrodinamica ( $D = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ). I due parametri sono stati definiti basandosi sul valore di picco di piena stimato ( $98.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e del tempo di risposta idrologico osservato (1h) (Figura 1b). Il basso valore di  $D$  riflette le caratteristiche morfologiche del bacino, attestandone un comportamento prevalentemente cinematico. Il basso valore di  $V_{\text{mean}}$  è indicativo di possibili fenomeni verificatisi nel bacino e non osservati che hanno ritardato la risposta del bacino.

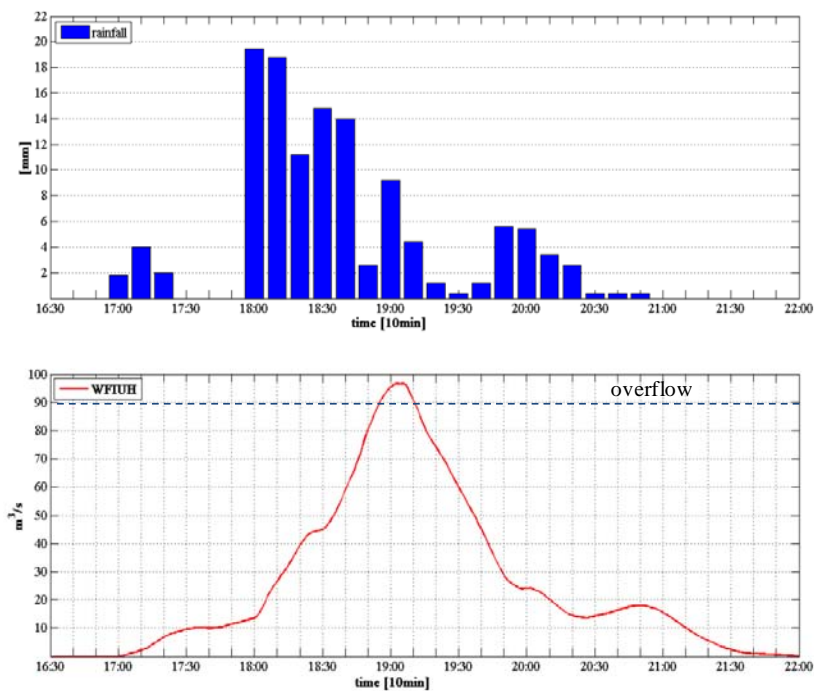


Figura 1. a) Pluviogramma d'evento (16.30-22.00), pluviometro di Ravello; b) WFIUH

### ***Ricostruzione idraulica***

La ricostruzione delle dinamiche propagative dell'onda di piena attraverso il centro abitato di Atrani è stata eseguita facendo ricorso al codice numerico originale: FLATModel (Medina et al., 2007). FLATModel è un codice per l'integrazione numerica 2D del sistema di equazioni shallow water in questo studio testato su griglia di calcolo non-strutturata. Il codice appartiene alla famiglia degli schemi espliciti di tipo Godunov. Il codice è testato su mesh di calcolo non strutturate, particolarmente utili in studi ed analisi di dettaglio, soprattutto in contesti complessi e di piccola scala come quello di studio; il loro impiego comporta altresì un significativo alleggerimento dell'onere computazionale delle simulazioni, offrendo la possibilità di rinfittire, o ingrandire, il dominio di cella (per una medesima simulazione), a seconda di dove si voglia ottenere un maggiore risoluzione dell'output, o viceversa.

L'idrogramma utilizzato come condizione al contorno di monte è stimato sottraendo all'idrogramma ricostruito la portata di massimo deflusso del tombino di  $92.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (PAI, 2010). L'immissione di portata in superficie, conseguente alla rottura della soletta di copertura del canale tombato, è stata simulata introducendo nel calcolo, in una fase successiva, una nuova condizione al contorno. E' stata ipotizzata la rottura istantanea della soletta con conseguente immissione al picco della portata erogata stimata ( $20.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ); quest'ultima è stata calcolata per differenza tra le portate stimate a monte ( $5.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e a valle della rottura ( $26.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Il Manning utilizzato è di  $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ . A quest'ultimo si è pervenuti attraverso un'analisi di sensibilità operata sulla base dei valori di velocità e portata ottenuti nelle sezioni di riferimento su diverse simulazioni: ad oscillazioni del Manning sono seguite variazioni dei valori idrometrici non rientranti nei campi di misura osservati. L'approccio di calibratura adottato è pertanto puramente empirico. L'elevato valore del Manning utilizzato è giustificato, oltre che dalla presenza del trasporto solido, dalle osservazioni video dalle quali si evince il carattere marcatamente turbolento della corrente.

Il confronto tra i valori osservati e quelli simulati è soddisfacente (tiranti, Figura 2); il modello riproduce la tendenza e l'effetto conseguito dall'immissione istantanea di portata alla rottura del tombino. Anche nelle sezioni di misura a monte, in corrispondenza del quale si disponeva del solo tirante massimo  $\approx 0.20 \text{ m}$  in corrente veloce), la riproduzione del tirante è apprezzabile. Per quanto riguarda le velocità il modello restituisce nelle sezioni di misura a valle un picco di  $4.75 \text{ m/s}$ , riproducendo fedelmente il valore di velocità ottenute dalle stime fatte sulla base delle osservazioni e rientrando nel campo di variazione ( $4\sim 6 \text{ m/s}$ ) ottenuto da speditive analisi a video eseguite su alcuni oggetti trasportati dalla corrente.

A monte, invece, non si hanno corrispondenze soddisfacenti: il modello, infatti, sottostima il valore derivato dalle stime di campo ( $7.5 \text{ m/s}$ ); purtroppo, a monte non disponendo di informazioni qualitativamente sufficienti, non è stato possibile pervenire ad una stima soddisfacente delle velocità di corrente.

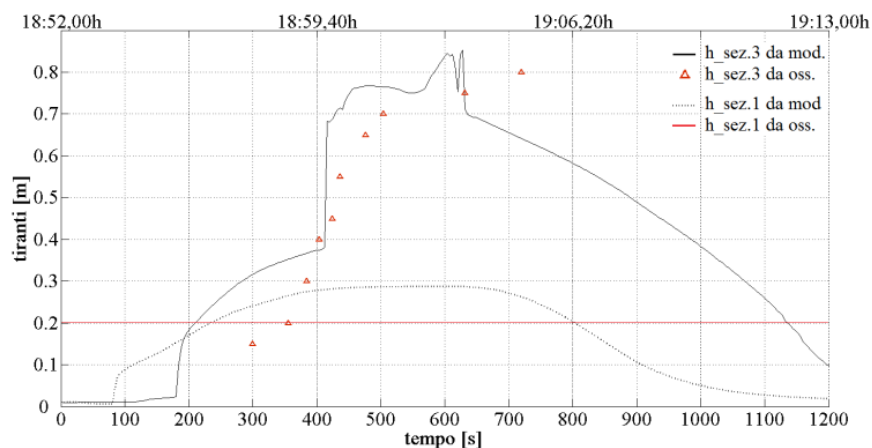


Figura 2. Idrogrammi nelle sezioni di misura di monte (sez.1) e di valle (sez.3) e confronto con i valori osservati

### Conclusioni

I dati ottenuti dalle stime di campo risultano peraltro cruciali in contesti, come quello in esame, in cui il monitoraggio in corso d'evento attraverso stazioni di misura idrometrica è poco praticabile. Questo studio dimostra quanto sia fondamentale una puntuale e dettagliata attività di rilievo post-evento, in contesti come quello della Costiera Amalfitana, per definire quel necessario database di informazioni utile alla messa a punto dei modelli previsionali.

I modelli matematico-numericamente implementati si sono rivelati adeguati per la riproduzione dell'evento in esame. Il FLATModel ha confermato la propria validità di impiego riproducendo con buona approssimazione le caratteristiche dell'evento propagativo. L'impiego del codice su *mesh* di calcolo *non strutturata* ha esaltato le potenzialità applicative di quest'ultime soprattutto nell'ambito degli studi di dettaglio e nella riproduzione delle dinamiche propagative dei flussi di piena attraverso geometrie complesse quali quelle dei piccoli centri urbani posti in contesti morfologici particolari come quelli della Costiera Amalfitana.

## ***Bibliografia***

**AMS: American Meteorological Society**, *Glossary of Meteorology*, Boston MA-USA ,T. S. Glickman Ed., 2000, 2nd Edition.

**Kelsch M., Lanza L., and Caporali E.**, *Hydrometeorology of flash floods*, NATO Advanced Study Institute: Coping With Flash Floods, E. Grunfest and J Handmer ed., Kluwer Press, The Netherlands, 2000, pp. 19-35.

**Medina V., Hürlimann M., Bateman A.**, *Application of FLATModel, a 2D finite volume code, to debris flows in the northeastern part of the Iberian Peninsula*, s.l., Landslides, Springer-Verlag Ed., 2007, 5, pp. 127-142.

**CEMPID**, Centro funzionale per la previsione Meteorologica e il Monitoraggio MeteoPluvioIDrometrico e delle Frane, *Rapporto dell'evento del 9 Settembre 2010 nel territorio dei comuni di Scala ed Atrani*, Napoli, Regione Campania, 2010.

**Ciervo F., M.N. Papa., Medina V., Bateman A.**, *Ricostruzione e modellazione numerica di un evento di flash flood: il caso di Atrani 2010*, L'ACQUA, Associazione Idrotecnica Italiana, 2012 **(in pubblicazione)**.

**PAI**, *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*, Monografie di calcolo, Napoli, Autorità di Bacino destra Sele, Regione Campania, 2010.