

Metodo speditivo per la determinazione di aree suscettibili di allagamento mediante SWMM

Angelo Nicotra¹, Carmelo Denisi¹, Rachele Ferrante¹, Luana Gurnari¹, Antonino Labate¹,
Domenico Martino¹, Roberta Serafino¹ e Pasquale Filianoti¹

¹ Dip. di Ingegneria Civile, dell'Energia, dell'Ambiente e dei Materiali - Università Mediterranea di Reggio Calabria

1. Premessa

La modellazione idraulica 2D o accoppiata 1D e 2D ha raggiunto buoni livelli di affidabilità per quanto riguarda la capacità predittiva degli effetti di inondazione in aree urbane e la conseguente realizzazione di mappe di rischio di allagamento. L'uso di modelli 2D, per la previsione in “real time” è possibile solo nel caso di bacini di grande estensione, nei quali il tempo di formazione\propagazione della piena sia considerevolmente superiore ai tempi di calcolo del modello (tipicamente dell'ordine di parecchie ore). La maggior parte dei bacini calabresi ha un tempo di formazione della piena di poche ore, per cui la simulazione degli effetti al suolo di un evento meteorico può essere svolta a partire dalle previsioni meteorologiche. Purtroppo, tali previsioni si sono rivelate spesso poco efficaci, come nel caso di Bivona nel 2004 o Genova nel 2011 e 2014.

Per fare fronte a questa inefficacia, nel progetto “Aquasystem” si è predisposto un catalogo degli eventi, costituito da un insieme di mappe di allagamento, essendo ciascuna mappa prodotta da un evento meteorico di assegnata durata e tempo di ritorno. Nell'imminenza di un evento di pioggia di rilevante intensità è sufficiente selezionare dal catalogo lo scenario più prossimo a quello atteso. Per fare ciò si è pensato di ottenere una mappa di allagamento in “real time” ricorrendo a un metodo speditivo, richiedente un tempo di calcolo dell'ordine di pochi minuti. Dopodiché, si sceglie dal catalogo degli eventi la mappa che presenta le maggiori similitudini con quella ottenuta col metodo speditivo. Tale metodo si basa sull'uso congiunto di tre diversi software freeware QGis per il tracciamento della rete e delle aree di allagamento, Inp.PINS per la creazione dei file di input ed infine SWMM per le simulazioni sul funzionamento idrologico ed idraulico (1D) di una rete pluviale. Come “test case” è stato simulato il funzionamento della rete pluviale di un piccolo centro urbano della provincia di Catanzaro, Roccelletta Borgia sotto l'azione di eventi capaci di causare l'insufficienza. Si sono ricavate le conseguenti mappe di allagamento sia con il modello bidimensionale MIKE 21 HD sia con la procedura di seguito descritta. Infine sono stati effettuati dei confronti con le simulazioni effettuate con i due software

2. Materiali e metodi

SWMM (Storm Water Management Model) è un software per la modellazione dinamica del processo afflussi-deflussi ed utilizzato per simulare quantitativamente e qualitativamente eventi di pioggia singoli oppure di lungo periodo principalmente in aree urbane. Le equazioni utilizzate da SWMM per descrivere il fenomeno idraulico sono quelle differenziali alle derivate parziali del primo ordine di De Saint Venant, scritte nella forma monodimensionale. Permette inoltre di modellare la rete “integrata” (dual drainage system), ovvero comprendente sia i condotti interrati sia la rete di deflusso superficiale. In tal modo sono stati inseriti nel modello, oltre alla rete fognaria anche gli impluvi (strade e fossi) presenti nel bacino urbano. Anziché procedere all'inserimento dei suddetti dati tramite l'interfaccia grafica di SWMM si è messa a punto una procedura di input-output che utilizza i tre software freeware Qgis, Inp.Pins e SWMM (cfr. figura 1).

FFigura 1. Le fasi di input e di output di SWMM utilizzano nei “due sensi” i software open source Qgis e Inp.PINS



SWMM consente di tenere in conto un'area di invaso di temporaneo (area ponded) in corrispondenza di ciascuna caditoia, l'acqua in eccesso viene temporaneamente invasata per ritornare nella rete quando la quota piezometrica lo consente (cfr. Figura 2). La procedura adottata consiste nell'assegnare un valore di tentativo alla "ponded area", e nel ricavare l'altezza del cilindro d'acqua in essa invasata, a seguito della simulazione dell'evento meteorico considerato. Questa altezza serve per individuare nel modello digitale del suolo (DEM) il contorno dell'area effettivamente allagata, il quale è dato dall'intersezione tra il piano orizzontale di quota pari a quella piezometrica e la superficie topografica. Il valore così ottenuto costituisce il nuovo valore di tentativo della "ponded area" e così via. Nella fase di output il software Inp.Pins consente l'individuazione sul DEM dei punti di uguale carico idraulico e crea dei file.shp dei carichi idraulici e dei poligoni individuanti le aree di potenziale allagamento.

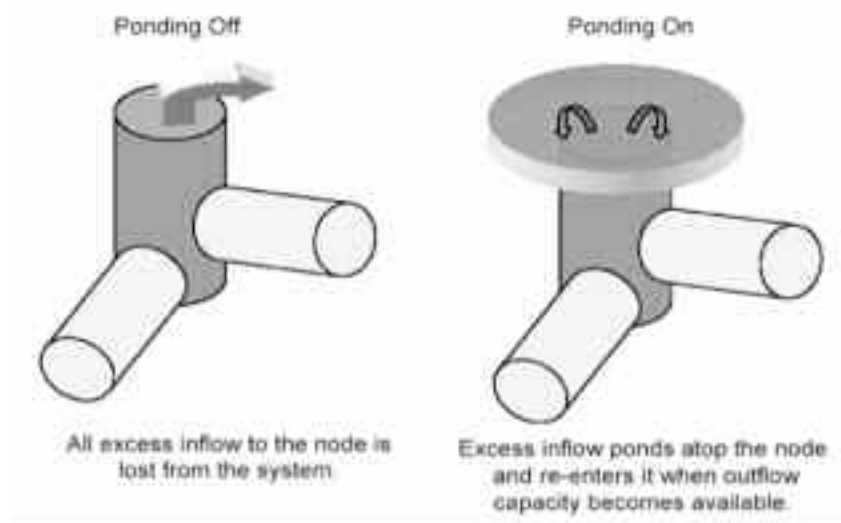


Figura 2. *A sinistra, un eccesso di carico nel nodo normalmente si traduce in una fuoriuscita di acqua dal sistema, a destra con la procedura Ponding, una fuoriuscita di acqua viene temporaneamente invasata per poi rientrare nel sistema*

I risultati ottenuti con la procedura sopra descritta, sono stati confrontati con quelli ottenuti con il software MIKE 21 HD. Esso si basa su un codice di calcolo bidimensionale per la simulazione di corpi idrici per i quali sia possibile approssimare il comportamento con l'approssimazione idrodinamica bidimensionale piana, per fluidi verticalmente omogenei.

Sono state condotte numerose simulazioni sia con ietogrammi sintetici aventi diversi tempi di ritorno sia con ietogrammi reali. In particolare qui vengono proposti i risultati della simulazione di un evento di particolare intensità avvenuto nel novembre del 2013 nelle zone in oggetto, per il quale si riportano nella presente memoria i risultati con i due diversi modelli.

L'area urbana è stata suddivisa in 44 bacini scolanti della superficie complessiva di 341 ettari. La rete implementata su SWMM, costituita dalla rete interrata e da fossi o canali in terra di piccola e media dimensione, è stata ricostruita mediante l'ausilio di una rappresentazione dettagliata e accurata del suolo e delle strutture urbane presenti sulla superficie.

3. Risultati e discussione

Come detto, le simulazioni condotte hanno consentito di rappresentare le interazioni tra la rete interrata e la rete superficiale. Le tecniche di modellazione unidimensionale di reti fognarie di comune impiego, non tengono conto di tali interazioni e, di conseguenza, non forniscono risultati verosimili per le precipitazioni in cui il deflusso superficiale diventa rilevante. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che gran parte del deflusso superficiale raggiunge la rete idrografica senza essere intercettata dalla rete fognaria. Il rapporto tra i volumi scaricati dal collettore terminale e il volume totale degli scarichi della rete superficiale è pari al 28%, 15% e 9.7%, per tempi di ritorno rispettivamente di 5, 10 e 20 anni; mentre esso è pari al 49% nel caso dell'evento di pioggia reale del 2013. Come si vede, il volume d'acqua che non rag-

giunge il corpo ricettore tramite la rete fognaria è considerevole, già per i tempi di ritorno minori. Applicando la metodologia esposta nel par. precedente al caso dell'evento registrato nel novembre 2013, si è ottenuta la mappa di allagamento mostrata nella Fig. 3b. La figura 3a mostra la mappa ottenuta con il software MIKE 21 HD, in ambedue le immagini non vengono raffigurati i tiranti inferiori a 30 cm. Dal confronto si nota che la procedura implementata con SWMM mostra la presenza di un numero maggiore di aree allagate rispetto a quanto ottenuto con MIKE 21 HD. Tuttavia, nella area a sudest dell'abitato (racchiusa dalla linea tratteggiata), unica suscettibile di allagamento secondo MIKE, con tiranti superiori al metro di altezza, si nota una sufficiente concordanza tra i risultati dei due modelli.

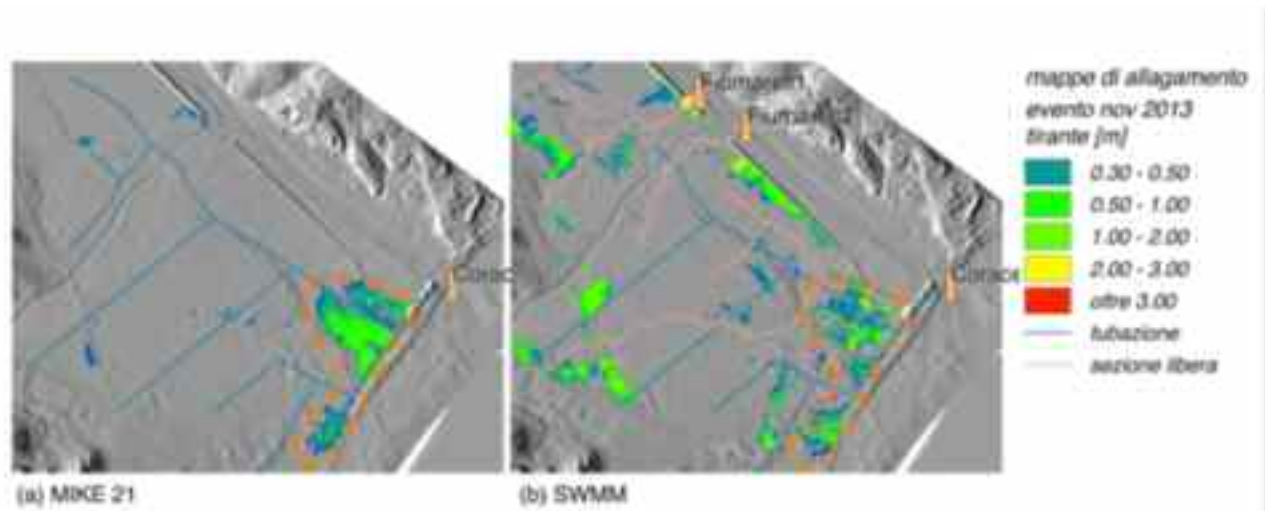


Figura 3. Il pannello (a) mostra le aree allagate secondo il modello bidimensionale MIKE21; il (b), le aree secondo SWMM. Nell'area racchiusa dal tratteggio, interessata dai maggiori tiranti idrici, entrambi i modelli presentano risultati sufficientemente concordanti

Modello	Area di allagamento (m ²)	Volume di allagamento (m ³)	Tirante medio (m)
SWMM+ Inp.Ins+Qgis	302971	245647	0.81
MIKE21	129900	91891	0.71

Tab. 1 - Risultati delle elaborazioni dei due modelli con l'evento del novembre 2013

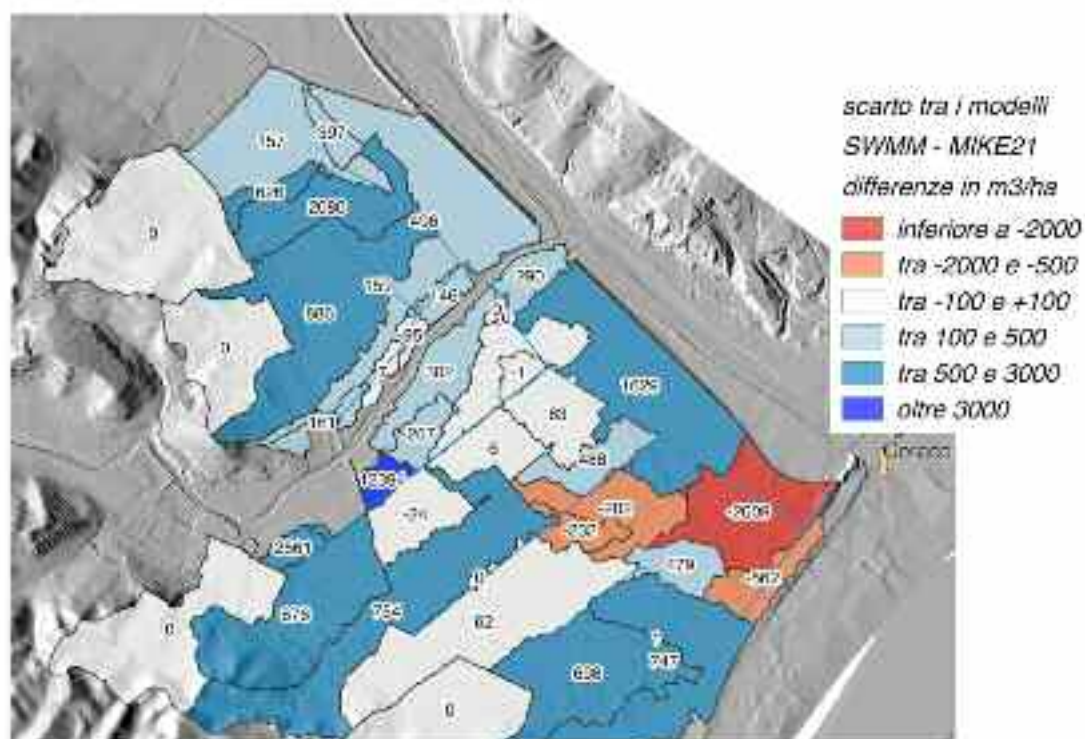


Figura 4. Scarto tra i volumi di allagamento (m³ ha⁻¹) stimati dai due modelli, per ciascun sottobacino urbano. I valori positivi rappresentano i maggiori volumi stimati da SWMM rispetto a MIKE

4. Conclusioni

La simulazione del funzionamento idraulico della rete fognaria integrata con il reticolo superficiale consente una rappresentazione più verosimile del deflusso conseguente ad eventi meteorici intensi, per i quali la rete risulta insufficiente e, conseguentemente, gran parte dei deflussi avviene all'esterno di essa.

I modelli bidimensionali permettono una buona rappresentazione dell'evoluzione del fenomeno idraulico, tuttavia comportano tempi di calcolo spesso non-compatibili con il loro uso in real time. Nel presente lavoro, viene proposta una procedura speditiva, per la stima delle aree di allagamento, basata sull'impiego di un modello monodimensionale e del GIS. I tempi di calcolo sono di almeno un ordine di grandezza inferiori.

Tale procedura può essere utilizzata per il dimensionamento e la verifica di manufatti fognari in area urbana e, come nel caso dell'Aquasystem, come strumento di previsione idraulica degli effetti al suolo in bacini di piccola dimensione. Nel caso della piattaforma citata (progetto PON04a2_f) ad esempio, la mappa ottenuta col metodo speditivo viene utilizzata per scegliere la mappa di allagamento più probabile tra quelle contenute nel cosiddetto catalogo degli eventi. Esso contiene una varietà di mappe prodotte da numerosissimi eventi meteorici sintetici simulati con il modello bidimensionale MIKE 21 HD.

Bibliografia

Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0, 2004.

Storm Water Management Model Applications Manual, 2009.

Pina R. D., Simões N. E., Sá Marques J.A. and Sousa J.O., *Floodplain delineation with Free and Open Source Software*, Proceedings of 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011.