

## Matera, analisi di resilienza urbana

### Aurelia Sole

Università degli Studi della Basilicata, SI – Scuola di Ingegneria, professore ordinario, SSD-ICAR/02, [aurelia.sole@unibas.it](mailto:aurelia.sole@unibas.it)

### Ruggero ERMINI

Università degli Studi della Basilicata, DICEM - Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, professore associato, SSD-ICAR/02, [ruggero.ermeni@unibas.it](mailto:ruggero.ermeni@unibas.it)

### Raffaele Albano

Università degli Studi della Basilicata, SI – Scuola di Ingegneria, assegnista di ricerca, SSD-ICAR/06 - ICAR/02, [raffaele.albano@unibas.it](mailto:raffaele.albano@unibas.it)

### Leonardo Mancusi

RSE S.p.A. Ricerca sul Sistema Energetico – Dipartimento Sviluppo Sostenibile e Fonti Energetiche – [leonardo.mancusi@rse-web.it](mailto:leonardo.mancusi@rse-web.it)

L'analisi dell'area urbana di Matera, condotta confrontando l'andamento dei deflussi superficiali relativi a molteplici scenari pluviometrici e di assetto urbano, ha consentito di valutare gli impatti delle trasformazioni operate sul territorio. In particolare, esprimendo attraverso opportuni indicatori le variazioni dei principali parametri idraulici (altezze, velocità, portate) che hanno immediata conseguenza sulle condizioni di fruibilità e pericolosità dei luoghi urbani.

### Impatti dell'urbanizzazione

L'espansione degli spazi urbani produce, generalmente, un aumento delle aree impermeabili ed un'espansione delle reti di drenaggio artificiali; ciò determina modifiche sostanziali nell'entità e nella rapidità dei fenomeni di deflusso superficiale che si verificano in occasione di eventi pluviometrici critici (Dams et al. 2013, Fox et al 2012). La presenza di superfici meno permeabili fa crescere la quantità di precipitazione che si trasforma in deflusso superficiale, in quanto si riduce l'infiltrazione, e modifica i tempi di sviluppo dei fenomeni, in quanto vengono alterati i percorsi seguiti dalle particelle d'acqua (forme, pendenze, scabrezze). L'idrologia urbana concentra sempre più la propria attenzione su tali aspetti e cerca di mettere a punto tecniche per contrastare tali fenomeni (Hirshman et al 2008), anche affrontando il conseguente fenomeno del crescente inquinamento dei deflussi (Taylor et al 2009) e del carico che questi rappresenta sui corpi idrici ricettori (Fletcher et al 2013).

### Il contesto materano

Il contesto materano, nel tempo, è stato sede di notevoli trasformazioni (Ermini et al 2010) con cospicui aumenti della popolazione e un incisivo sviluppo urbanistico che hanno determinato conseguenti aumenti del consumo di risorse (suolo, acqua).

Il sistema abitativo originario, nel suo ordine preesistente corrispondeva alle sole aree dei quartieri dei Sassi Barisano e Caveoso e fondava la sua struttura insediativa sull'attenta regimazione delle acque di precipitazione e sotterranee che consentiva l'accumulo di risorsa idrica preziosa per la sussistenza di uomini ed animali ed il controllo dei deflussi superficiali. Il

sistema, tuttavia, non garantiva alcun tipo di gestione degli scarichi fognari in quanto le acque nere venivano raccolte e poi sversate direttamente nei due torrenti (Grabiglioni) che incidevano le due valli.

Oggi, invece, sono presenti moderne infrastrutture idriche e fognarie che assicurano il Servizio Idrico Integrato (acquedotto, fognatura, depurazione), ma le profonde trasformazioni dell'equilibrio acqua-suolo-urbanizzazioni, conseguenti allo sviluppo urbano, hanno alterato la risposta idrologica e idraulica del territorio e si registrano più frequenti fenomeni di alluvionamento sia nei Sassi, che nelle altre aree urbane. Di conseguenza, si determinano situazioni di criticità diffusa che possono assumere particolare rilevanza, anche in conseguenza del maggior numero di persone esposte a tali disagi.

Non di meno, l'aumento dei deflussi superficiali, unitamente al maggior traffico veicolare e di persone, determina maggiori concentrazioni di sostanze inquinanti nelle acque di dilavamento superficiale con il conseguente impatto negativo sull'ambiente.

Le caratteristiche evolutive del contesto materano permettono di analizzare diversi scenari urbani, valutandone le differenti risposte idrologiche emisorandone i conseguenti impatti.

### **Analisi criticità idrologica**

Gli effetti prodotti dall'urbanizzazione sull'andamento dei deflussi superficiali sono stati valutati utilizzando in modo combinato un modello idrologico ed uno idraulico (come mostrato nello schema rappresentato in Fig. 1).

Il modello idrologico è utilizzato per generare le precipitazioni da fornire come ingresso al modello idraulico che, a sua volta, valuta i deflussi elementari delle singole aree, le altezze d'acqua e le portate in ogni cella. Il modello idrologico considera le curve di possibilità pluviometrica della zona, e calcola gli ietogrammi della pioggia efficace, cioè della quota parte che non infiltrandosi nel terreno da origine al deflusso superficiale. Gli ietogrammi calcolati dal modello idrologico sono applicati in input al modello idraulico bidimensionale FLORA2D (FLOOD and Roughness Analysis) messo a punto dall'Università degli studi della Basilicata in collaborazione con RSE (Sole et al 2014) al fine di calcolare il flusso

idrologico superficiale generato dai volumi di pioggia efficace caduta.

Diversamente da molti degli esempi disponibili nella letteratura tecnico-scientifica per i quali la valutazione dei deflussi delle acque piovane e le relative misure di mitigazione sono fornite localmente a scala di singolo lotto urbano, le valutazioni idrologiche ed idrauliche realizzate in questo studio sono ottenute mediante analisi di tipo distribuito, operando su tutto il bacino/sotto-bacino imbrifero. Anche il moto delle acque superficiali è valutato tenendo conto della morfologia del territorio calcolando le altezze d'acqua e le velocità in ogni cella elementare di calcolo.

Tale approccio consente di simulare in maniera più affidabile il fenomeno di allagamento urbano ed i valutarne la sua intensità, in termini di altezze d'acqua e velocità della corrente fluida.

Effettuando l'analisi per i diversi bacini, morfologicamente indipendenti, che costituiscono il contesto urbano è così possibile mettere a punto un approccio che permette di rappresentare efficacemente la distribuzione spaziale dei parametri idraulici fondamentali (velocità, altezze d'acqua, portate), con riferimento a differenti scenari idrologici e di urbanizzazione.

Le simulazioni sono state condotte su una porzione del territorio comunale della città di Matera dell'ampiezza di circa 560 ha, all'interno della quale sono intervenute significative modifiche delle aree urbanizzate (Fig.1). In particolare sono stati considerati eventi di precipitazione con tempi di ritorno non particolarmente severi ( $T_r=30$  anni), allo scopo di valutare situazioni relativamente frequenti e per le quali si siano già verificate situazioni di criticità in passato. Per semplicità ed a vantaggio di sicurezza si è assunto trascurabile il contributo della rete fognaria e valutato lo scorrimento in superficie di tutta la pioggia efficace. Questa assunzione equivale a considerare il caso di default della rete fognaria.

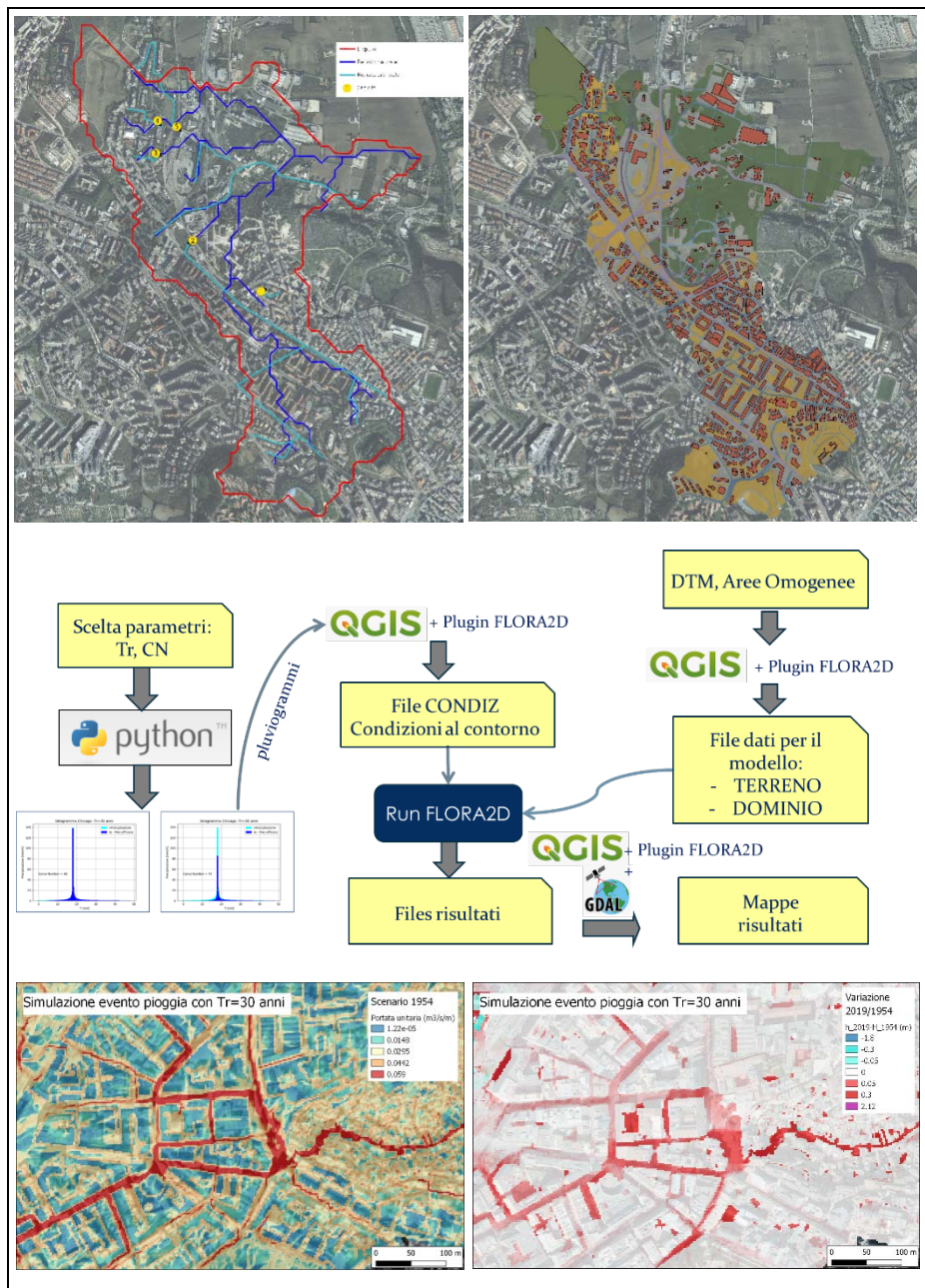


Fig. 1: Analisi idrologica con FLORA-2D in ambiente GIS.

Attraverso le simulazioni sono state valutate le altezze d'acqua e le portate in ogni porzione elementare del bacino che è stato scomposto in celle quadrate di lato 2 metri.

Il confronto tra i valori dedotti nelle diverse aree e situazioni consente di sintetizzare attraverso indici numerici gli effetti delle trasformazioni operate.

I due scenari analizzati corrispondono alle situazioni urbane corrispondenti agli anni, rispettivamente, 1954 e 2019: la prima condizione corrisponde allo stato in cui l'urbanizzato era concentrata nei Sassi e nella parte attualmente del centro della città, mentre la seconda situazione comprende l'espansione urbana avvenuta fino ad oggi con un incremento della impermeabilizzazione su diverse aree del bacino imbrifero, soprattutto nella porzione di monte.

In ciascuna porzione delle aree di trasformazione il cambiamento del grado di impermeabilizzazione del suolo nei due scenari 1954 e 2019 contribuisce in modo ponderato, proporzionalmente all'estensione della propria superficie, alla modifica dei parametri idrologici del sottobacino analizzato.

Infatti, i processi di urbanizzazione spesso determinano la sostituzione di suoli naturali e permeabili, con superfici impermeabili come tetti, strade e parcheggi, riducendo così le infiltrazioni dell'acqua meteorica nel sottosuolo. La rimozione della vegetazione naturale comporta, inoltre, una riduzione dell'intercettazione e dell'evapotraspirazione. L'effetto di questi processi induce modifiche del ciclo idrologico, alterando i modelli di deflusso naturale, sia in termini di volumi di deflusso, che di valori di picco, sottoponendo i convenzionali sistemi di raccolta delle acque meteoriche a carichi superiori alla loro capacità idraulica, comportando inondazioni più frequenti e intense.

L'analisi condotta nelle due situazioni esaminate consente di mettere in evidenza che gli spazi urbani più soggetti a fenomeni di alluvionamento (Fig.2 aree di colore rosso) coincidono quasi sempre con aree stradali o piazze. Nella simulazione riferita alla situazione 2019 si osservano, in tutte le aree, aumenti cospicui sia dei tiranti (altezze d'acqua) che delle portate, pur considerando eventi pluviometrici della stessa pericolosità (probabilità).

Un confronto più efficace tra le due situazioni esaminate è stato condotto ricavando la distribuzione spaziale delle differenze tra le altezze d'acqua ( $H_{2019}-H_{1954}$ ) e dell'indice di Invarianza Idraulica

$$InvId = Q_{2019}/Q_{1954} - 1$$

che permettono un esame immediato delle variazioni idrauliche intervenute tra i due scenari posti a confronto.

In particolare, il secondo indice esprime la variazione adimensionale tra i deflussi ricavati nei due scenari considerati (pre-urbanizzazione 1954 e post-urbanizzazione 2019) e si è già rivelato idoneo a rappresentare gli impatti di trasformazioni urbane (Campisano et al 2016).

La distribuzione spaziale dei predetti indici (Fig.2) evidenzia un diffuso incremento della magnitudo delle grandezze idrauliche considerate, esteso a tutta l'area di studio e con valori più estremi in corrispondenza della rete stradale e delle aree poste più a valle.

Le poche aree in cui si riscontrano valori negativi degli indici, ovvero in cui si osserva un decremento della portata nella situazione corrente rispetto allo scenario del 1954, sono quelle in cui sono stati realizzati nuovi edifici che hanno deviato il flusso di acque meteoriche verso le zone o le strade ad esse adiacenti incrementando il deflusso sovraccaricando le aree più a valle (in prossimità della sezione di chiusura).

Nelle aree di valle, anche laddove non sono stati operati aumenti dell'urbanizzazione (aree già saturate), si riscontrano ugualmente evidenti aumenti delle portate e dei livelli di criticità (Fig.2), dovuti principalmente agli effetti delle urbanizzazioni operate a monte.

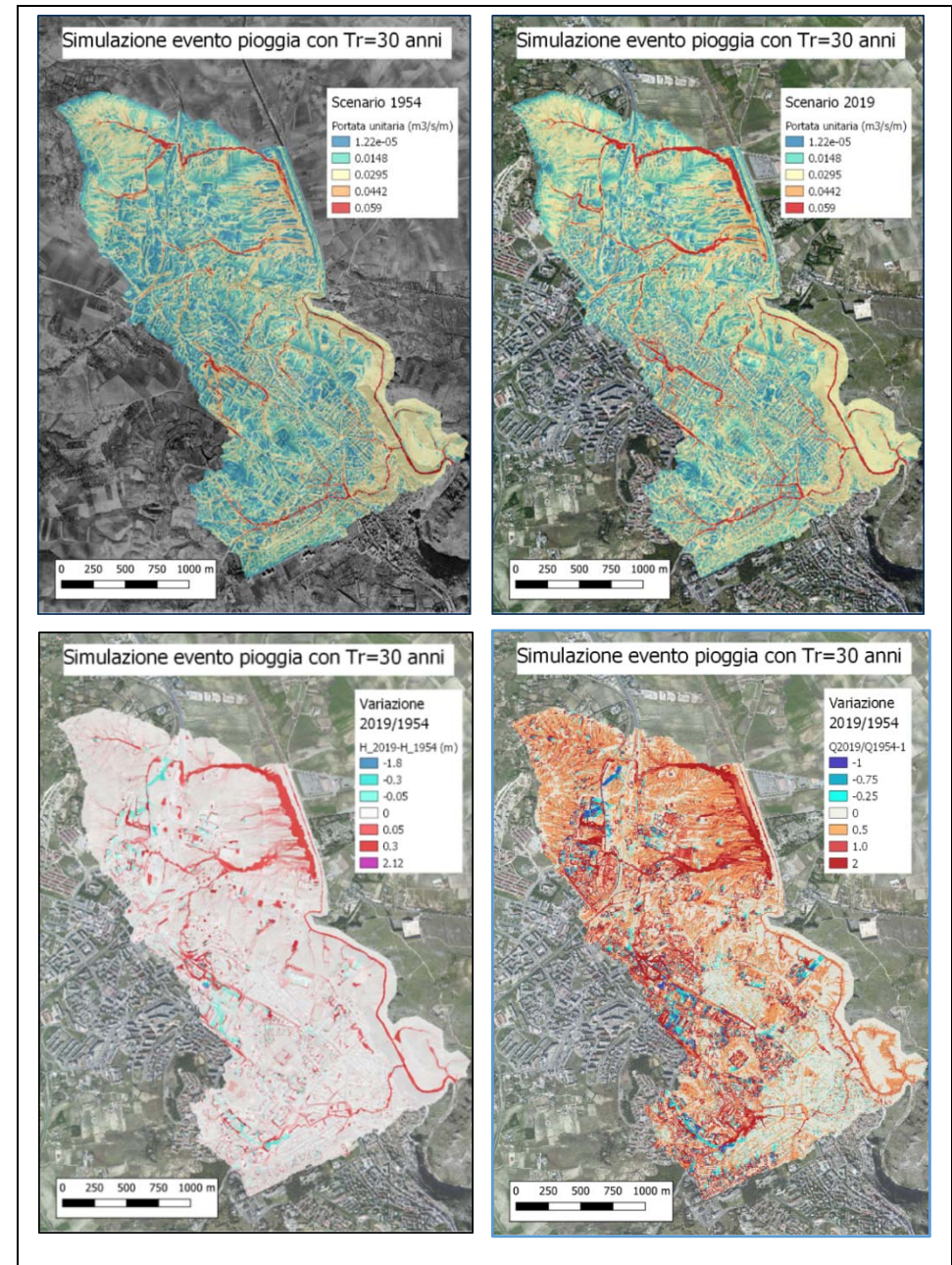


Fig. 2: Impatti idraulici in ambiente urbano

Nelle situazioni più critiche si rilevano aumenti anche del 100% dei deflussi e dei tiranti, confermando così l'impatto prodotto dall'effetto combinato: impermeabilizzazione del suolo, accelerazione del processo di trasformazione delle precipitazioni in deflussi.

In molte delle aree analizzate il fenomeno si traduce, come in molte parti d'Italia, in rigurgito dei tronchi fognari, allagamenti e disservizi vari che limitano la fruibilità degli spazi urbani e creano situazioni di pericolo.

## Conclusioni

Attraverso l'uso degli strumenti modellistici è possibile simulare in ambiente GIS la risposta idrologica e idraulica di un contesto urbano sottoposto all'azione di probabili eventi pluviometrici. Ciò permette di valutare gli effetti prodotti dalle trasformazioni ipotizzate e, conseguentemente, fornisce un valido supporto nel confronto delle differenti alternative possibili.

È ormai indispensabile che anche a livello urbano gli strumenti di pianificazione e gestione urbanistica e territoriale convergano verso approcci integrati che consentano di considerare anche l'equilibrio idrologico dei contesti. Il tema si pone oggi con sempre maggiore urgenza in quanto le situazioni che ci troviamo ad affrontare risentono di un progressivo peggioramento di tutte le componenti fondamentali da cui dipende il Rischio di alluvionamento (Pericolosità, Esposizione, Vulnerabilità) e, conseguentemente, cresce il rischio stesso. Infatti, oltre all'incremento della Pericolosità conseguente alle alterazioni del clima, crescono le dimensioni delle aree trasformate e quindi l'esposizione e, con il progressivo invecchiamento del patrimonio infrastrutturale, cresce anche la vulnerabilità.

Matera, grazie anche al riconoscimento dei Sassi come Patrimonio Unesco e alla più recente nomina a Capitale Europea della Cultura, vive un periodo di estremo tumulto culturale che la porta ad essere al centro dell'attenzione di un'ampia platea che si estende oltre i confini nazionali. In analogia con la sua storia passata (Vergogna, Riscatto, Simbolo), Matera potrebbe quindi svolgere il ruolo di divulgatore di un approccio water sensitive nella pianificazione urbana favorendo la diffusione di politiche di sviluppo urbano che tengano conto delle dinamiche dei

deflussi idrici superficiali e, quindi, accompagnino verso lo sviluppo di condizioni di contesto caratterizzate da minori criticità e maggiore resilienza.

Approcci come quello illustrato risultano particolarmente utili anche per effettuare analisi di rischio e definire conseguenti azioni di intervento, contrasto o allerta.

## Bibliografia

Alberto Campisano, V. Pappalardo, C. Modica, F. Martinico (2016), "Supporting urban development master plans by hydraulic invariance concept: the case study of Acquicella catchment", in Atti Novatech Conference, Lyon 2016.

Jef Dams, J. Dujardin, R. Reggers, I. Bashir, F. Canters, O. Batelaan (2013), "Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling", in Journal of Hydrology, n°485, april 2013, pp 84-95.

Ruggero Ermini, L. Didio, S. Pascale, F. Sdao (2010), "Infrastrutture idrauliche storiche nella città di Matera", in Atti VI Rassegna Urbanistica Nazionale, Roma, INU Edizioni.

Tim D. Fletcher, H. Andrieu, P. Hamel (2013), "Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: a state of the art", in Advances in Water Resources, n°51, January 2013, pp 261-279.

Dennis Fox, E. Witz, V. Blanc, A. Dervieux (2012), "A Case Study of Land Cover Change (1950–2003) and Runoff in a Mediterranean Catchment", in Applied Geography, n°32, march 2012, pp 810-821.

Aurelia Sole, A. Cantisani, L. Giosa, L. Mancusi (2014), "FLORA-2D: A new model to simulate the inundation in areas covered by flexible and rigid vegetation", in International Journal of Engineering and Innovative Technology, n°3, February 2014, pp 179-186.

Kevin Taylor, P. Owens (2009), "Sediments in urban river basins: A review of sediment-contaminant dynamics in an environmental system conditioned by human activities", in Journal of Soils and Sediments, n°9, august 2009, pp 281-303.