

NUOVE TECNOLOGIE SPAZIALI PER LA GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

di Laura Bassan e Gianfranco Pozzer

LO SCOPO DELLO STUDIO È QUELLO DI DIMOSTRARE, COME E QUANTO, L'URBANIZZAZIONE E L'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO POSSONO CAMBIARE LE PRESTAZIONI IDRAULICHE DI UNA DATA GEOMORFOLOGIA. L'AREA DI ANALISI COMPRENDE IL TERRITORIO DELL'EX CONSORZIO DI BONIFICA MEDIO ASTICO BACCHIGLIONE; UN TEST SPECIFICO È STATO EFFETTUATO AL COMUNE DI THIENE IN PROVINCIA DI VICENZA.

L'ausilio di un apposito algoritmo spaziale ha permesso di testare la correlazione tra variazioni di uso del suolo e coefficienti di deflusso. Il test, eseguito a scala di bacino idraulico, è stato effettuato con l'uso del GIS nel comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Medio Astico Bacchiglione. Il modello statico consente di correlare, per *pattern* d'uso territoriale, i coefficienti di deflusso alla morfologia del terreno. In associazione alle funzioni di direzione ed accumulo (*hydrology tools* di ArcGIS), la metodologia restituisce le dinamiche di deflusso superficiale e la stima degli impatti idraulici per variazione d'uso rispetto a due date di riferimento (1954 e 2006). I risultati possono orientare le politiche di riqualificazione e restauro territoriale in un periodo di crescenti criticità.

OBIETTIVI DEL CASO STUDIO

Azioni antropiche ed eventi naturali contribuiscono alla definizione contestuale di rischio. Gli effetti derivanti dalla relazione fra le due componenti sono spesso gestiti in modo settoriale. Nel calcolo del rischio idraulico, ad esempio, si tende a privilegiare la dimensione idrogeologica, con una gestione parziale del territorio. Ciò si evince in particolare dalla lettura dei quadri conoscitivi di pianificazione territoriale e dalla carenza di modelli empirici sulle relazioni tra dimensione idraulica e dinamiche di *contesto* (cambiamenti climatici, morfologie insediative, inquinamento, deforestazione, ecc.).

Mappe istituzionali, come quelle fornite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), si limitano ad una valutazione delle dinamiche di bacino, nonostante studi empirici evidenzino la correlazione esistente tra coefficienti di deflusso delle acque, processi di urbanizzazione e di uso del suolo (Bassan e Pozzer, 2011 e 2013; EPA, 2009; Pistocchi, 2001, Van Der Plog et al., 2002). Questa correlazione è influenzata dall'intensificarsi del ciclo idrologico globale, con picchi di piena più elevati, ma di durata più breve (Huntington, 2006). Il concetto di rischio richiede un aggiornamento, affiancando le informazioni correnti sull'idraulica alle caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo rappresentate con innovative tecnologie di *remote sensing* e analisi dei dati spaziali in ambiente GIS. Tale approccio dimostra come le nuove tecnologie di gestione del territorio contribuiscano a perfezionare i quadri conoscitivi e gli scenari di trasformazione.

ArcGIS consente l'impiego di un algoritmo di correlazione e associazione tra tipi di uso del suolo e funzioni di direzione e accumulo dell'acqua, con lo scopo di stimare, in aree campione, i livelli incrementali di impermeabilizzazione e i relativi impatti idraulici. La correlazione, *forzata* su scala idraulica, ed in associazione ai *pesi* delle variabili ambientali di tipo morfologi-

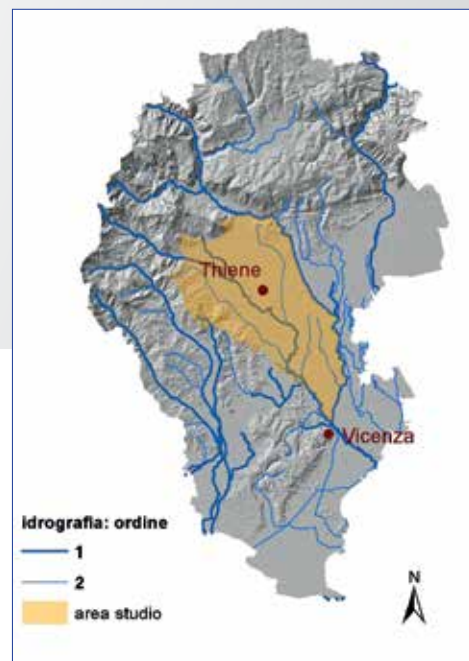


Fig. 1 - Localizzazione del comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Medio Astico Bacchiglione su modello hillshade da DTM (passo 25 m) della provincia di Vicenza.

co, idraulico, ecologico e insediativo, consente di riconoscere gradienti di vulnerabilità ed esposizione. Le due componenti del rischio sono variabili di stato e possono essere trattate in un modello di analisi multiscalar e multitemporale assieme alla pericolosità (*stressor*). Il *prodotto logico* fra le tre componenti consente una rappresentazione integrata e continua del rischio, con l'evidenza degli usi maggiormente impattanti e la misurazione della *salute idraulica* del territorio (monitoraggio). L'obiettivo è contestualizzare e parametrizzare il rischio idraulico in ambienti diversamente urbanizzati, allo scopo di fornire le conoscenze necessarie per la messa in atto di strategie di valutazione del danno, di compensazione, ma anche di adattamento e mitigazione.

NUOVE TECNOLOGIE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

L'esperienza qui discussa evidenzia l'efficacia del *dato multifonte* per una corretta modellizzazione del rischio idraulico nella pianificazione territoriale. Affinché l'algoritmo restituisca un modello di analisi affidabile, è necessario che i quadri conoscitivi siano aggiornati con approcci di lettura transcalare e multitemporale. Nella costruzione di un modello conoscitivo innovativo, l'uso della sensoristica, integrata a diverse tecnologie di rete (*wireless*, cablata, ecc.), permette di conoscere le dinamiche territoriali sia sulla base di misure e rilievi sistematici o occasionali, sia sulla base di opinioni. Il territorio diventa così un generatore di informazione. Ciò tende ad irrobustire strategie di pianificazione e forme di auto-organizzazione in ottica *Smart City*, migliorando la comunicazione e la trasparenza delle informazioni tra soggetti, tra oggetti (internet delle cose) e tra entrambi i gruppi. In un contesto ICT, da anni in costante sviluppo, anche l'intera società può divenire intermediaria di informazioni, producendo risposte *real time* al susseguirsi temporale degli eventi (p.es. Sterling, 2006). Ciò permette una meno deterministica definizione del rischio e una caratterizzazione sociale della interoperabilità.

AREA DI STUDIO

Il test è stato eseguito nel comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Medio Astico Bacchiglione (Provincia di Vicenza), ora parte del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (Figura 1). Le motivazioni che hanno condotto alla scelta dell'area di studio sono:

- 1) la costante e continua criticità idraulica che interessa il territorio vicentino (alluvione 2010 ed esondazioni recenti);
- 2) la disponibilità di materiali ed informazioni derivanti da analisi e monitoraggi sulla compatibilità idraulica nel territorio di competenza dell'ex Direzione Distretto Bacino Idrografico Brenta e Bacchiglione - Genio Civile di Vicenza, ora Sezione Bacino idrografico Brenta-Bacchiglione - Sezione di Vicenza, per gli anni 2007 e 2008;
- 3) le caratteristiche di bacino idraulico dell'ex territorio consortile.

Un affondo è stato eseguito per il Comune di Thiene (VI).

ALGORITMO SPAZIALE PER L'ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO: METODOLOGIA

Con apposito algoritmo è possibile stimare l'impatto che la pressione antropica esercita sul regime idraulico del territorio campione. La funzione utilizzata per la stima degli impatti è la seguente:

$$\varphi_i = \left\{ \frac{[P \cdot F_u + P^\circ \cdot (F - F_u)]}{F} \right\}_i$$

con P, coefficiente di deflusso calibrato sul profilo d'uso del suolo, compresi la tipologia di terreno, l'armatura eco-sistemica (naturale e artificiale) e il contesto di riferimento (clima, geografia, fragilità ecc.). Il suffisso u indica l'uso del suolo in i.

Nello specifico i seguenti parametri indicano:

P= coefficiente di deflusso associato ad aree impermeabili (0,9 - per la stima dei coefficienti di deflusso sull'intero *range* si veda l'allegato A della Dgr n. 2948 (Regione del Veneto) del 6 ottobre 2009 "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche"),

P°= coefficiente di deflusso associato ad aree permeabili (0,2),

F= accumulo di flusso calcolato su modello digitale del terreno ad alta precisione (DTM con passo di griglia 5 m),

F_u = accumulo di flusso correlato all'uso del suolo (DBCS 2006 della Regione del Veneto, topologicamente corretto in scala 1:10000).

Il valore assegnato a P è strategico, in quanto la sua correlazione con l'accumulo di flusso F restituisce gli impatti idraulici φ_i . Il valore di tale correlazione indica la % di pioggia che si trasforma in deflusso superficiale (*range* da 0,2 a 0,9). Il procedimento, calibrato a scala di bacino, è cumulativo. Per eseguire correttamente l'associazione sono necessari alcuni passaggi in ambiente GIS. Il metodo prevede, in primo luogo, di *forzare* il sistema idrografico del Quadro Conoscitivo della Regione del Veneto sul DTM. Attraverso lo strumento *hydrology tools* (ArcMap) vengono eseguite le funzioni di direzione (Figura 2) e accumulo dell'acqua. Il processo viene considerato in territorio non urbanizzato (DTM non pesato, impatto 0) e in territorio urbanizzato (DTM pesato, con impatto non nullo). Il peso è dato dai coefficienti di deflusso calibrati a seconda degli usi del suolo, o gra-

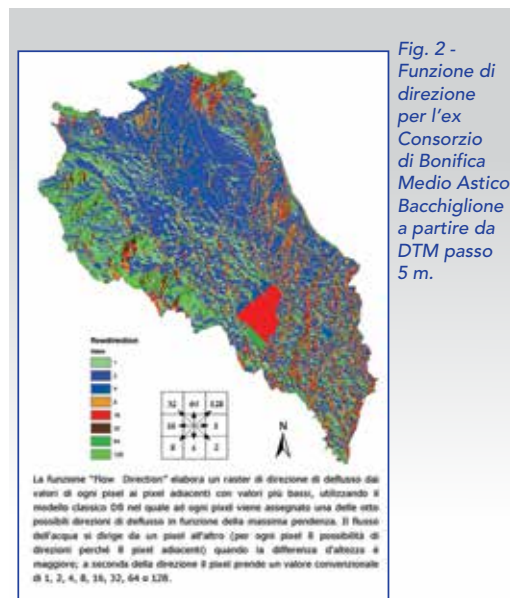


Fig. 2 - Funzione di direzione per l'ex Consorzio di Bonifica Medio Astico Bacchiglione a partire da DTM passo 5 m.

do di impermeabilizzazione (DBCS 2006), e dalle diverse tipologie di terreno (Carta delle litologie e Carta dei suoli del Quadro Conoscitivo della Regione del Veneto).

A partire dai risultati, la stima viene effettuata con *raster calculator*, generando l'impatto idrologico dell'impermeabilizzazione φ_i nella unità spaziale i (Figura 3). L'analisi consente non solo di quantificare il rischio, ma di capire quali usi abbiano modificato maggiormente l'equilibrio idraulico con effetti su esposizione e vulnerabilità. Ciò facilita l'attivazione di azioni di contenimento entro livelli di rischio accettabili.

CASO STUDIO: COMUNE DI THIENE (VI)

Il test si basa sullo sviluppo di riprese aerofotogrammetriche e ortofoto di-

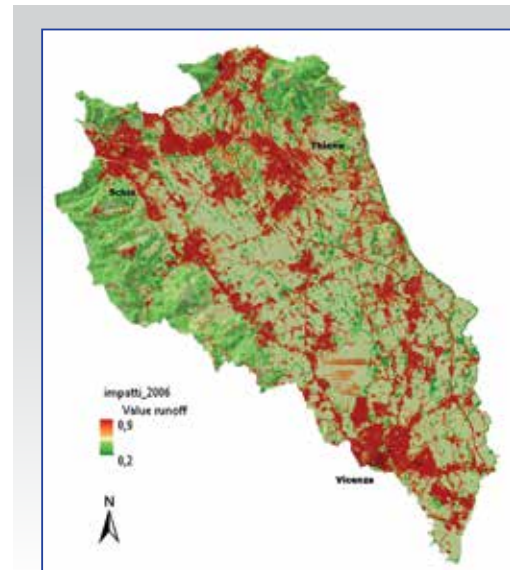


Fig. 3 - Impatti sul sistema idraulico relativi all'uso del suolo all'anno 2006 (DBCS 2006): comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Medio Astico Bacchiglione.

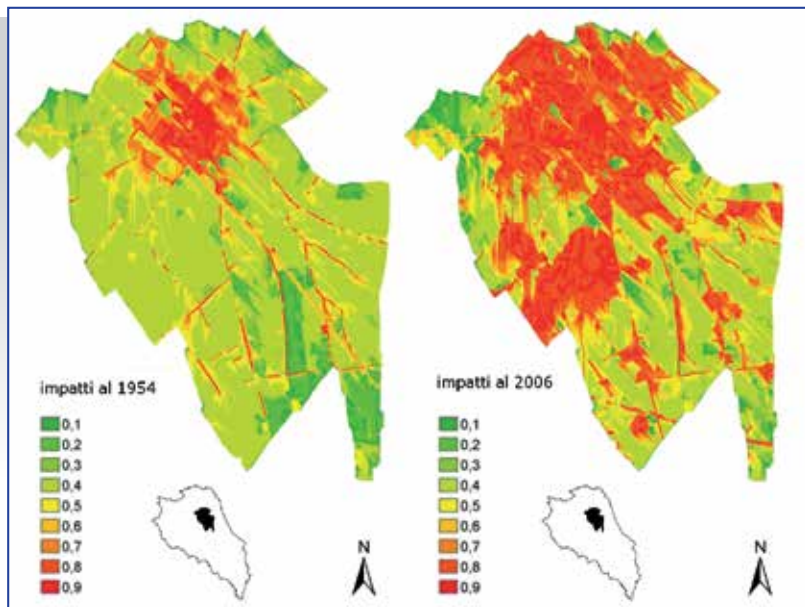


Fig. 4 - Comune di Thiene: impatti sul sistema idraulico relativi all'uso del suolo per gli anni 1954 e 2006.

gitali per l'analisi multiscale e multi-temporale delle dinamiche di uso del suolo (Fotogrammi GAL 1954-1955, ortorettificati e sottoposti ad una successiva operazione di mosaicatura; Ortofoto IT2000 NR, 2006-2007). Con questa analisi è possibile individuare come gli usi del territorio siano variati nel corso degli ultimi cinquant'anni. Il metodo consente una visione sistemica del bacino e mette in luce come i cambiamenti di uso del suolo siano determinanti per gli impatti sul sistema idraulico. Gli impatti dell'urbanizzato, riferiti al 1954 e al 2006, sono stati calcolati utilizzando per l'anno 1954 i fotogrammi del volo GAL, per il 2006 il DBCS e le ortofoto (Figura 4). Per meglio evidenziare le differenze tra le due annate (1954-2006) i coefficienti di deflusso sono stati standardizzati, in modo da renderli con-

frontabili. I risultati mostrano come il coefficiente di deflusso medio sia aumentato nel cinquantennio di riferimento, segnalando un notevole peggioramento della salute idraulica (Figura 5). Per l'anno 1954 era pari a 0,38, mentre nel 2006 è salito a 0,58. La Figura 6 mostra la variazione nella distribuzione dei pixel, rispetto ai coefficienti di deflusso, per le due annate. Dalla lettura comparata dei grafici, si può notare come il coefficiente 0,4, il più frequente nell'anno 1954, sia calato enormemente nell'anno 2006. Aumenta invece il coefficiente 0,8, trascurabile per la prima annata. Questo spiega il passaggio da una distribuzione unimodale per il 1954 ad una bimodale per il 2006. Gli usi che maggiormente hanno contribuito al cambiamento sono stati il tessuto urbano discontinuo denso, la rete

infrastrutturale e le aree industriali e commerciali. I cambiamenti tra le due annate hanno causato una riduzione delle aree permeabili (agricole) di circa il 30%. La figura 7 specifica le variazioni per usi commerciali e produttivi. Queste variazioni d'uso, causando consumo di suolo e crescente impermeabilizzazione, sottraggono vie di fuga all'acqua meteorica, con incremento dell'onda di piena e della portata del corpo idrico ricevente. Aree industriali e commerciali, essendo nella loro quasi totalità impermeabili, rendono difficile la realizzazione di opere di compensazione idraulica per filtrazione, anche in presenza di schemi di drenaggio. Per ripristinare un grado di permeabilità accettabile è necessario operare non solo in termini di uso del suolo, ma anche di copertura (p.es. riduzione del volume idrico in rete attraverso strategie di invaso, drenaggio, riciclo e riuso). Nelle aree ad uso residenziale, invece, la gestione dei deflussi superficiali sembra più governabile. Ciò è dovuto ad un innesto morfologico più frammentario. I due casi sono identificabili in Figura 8.

RILETTURA DEGLI IMPATTI ATTRAVERSO NEIGHBORHOOD STATISTICS

Con l'aiuto di neighborhood statistics gli impatti al 2006 sono stati standardizzati. Ciò ha consentito di elaborare una cartografia per aree a diversa criticità idraulica (Figura 8) che potrebbe condurre ad una specifica del PAI su scala comunale e qualificare eventuali piani delle acque. La zonizzazione indica, in caso di eventi pluviometrici di una certa intensità, dove e con che grado di pericolosità si potrebbero verificare situazioni di allagamento. La mappa mostra in modo dinamico le difficoltà idrauliche di un certo territorio in relazione al suo bacino di appartenenza. Al variare di uno dei parametri usati nel modello la cartografia riproduce in tempo reale il cambiamento avvenuto. Le politiche di mitigazione del rischio idraulico, costruite con l'ausilio della zonizzazione, possono essere trattate anche in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici.

CONCLUSIONI

Il contributo mette in evidenza come l'uso delle nuove tecnologie possa fornire elementi utili per la valutazione dei processi di urbanizzazione in termini di variazioni del rischio e per la costruzione di scenari a supporto della pianificazione e del governo

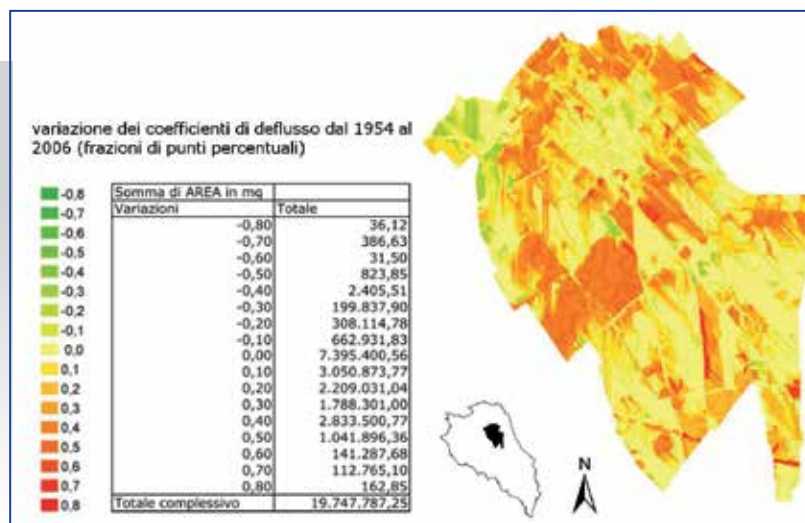


Fig. 5 - Variazione netta (2006-1954) dei coefficienti di deflusso, e quindi degli impatti, dall'anno 1954 all'anno 2006. Lo 0 indica assenza di cambiamento, mentre gli altri valori indicano la variazione (differenza) del coefficiente nel periodo.

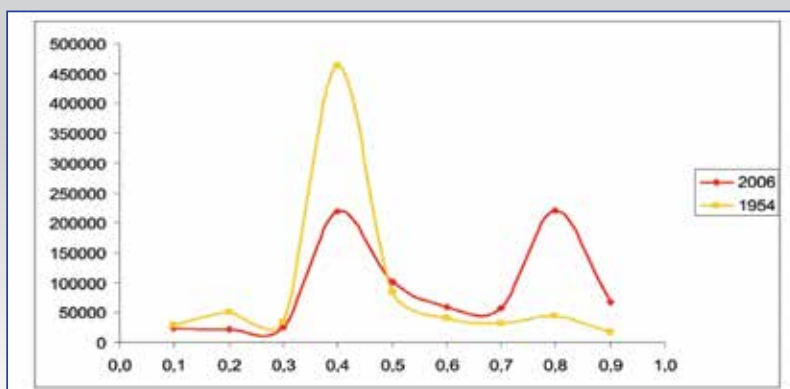


Fig. 6 - Distribuzione di frequenza dei pixel classificati per coefficienti di deflusso (impatti idraulici), 1954 e 2006.

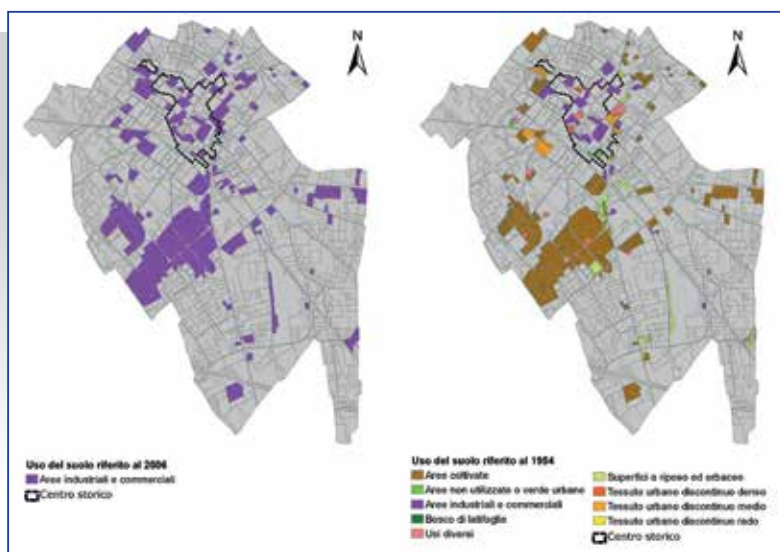


Fig. 7 - Aree industriali e commerciali al 2006 e ripartizione al 1954.

del territorio. L'algoritmo utilizzato contribuisce alla costruzione di un sistema delle conoscenze territoriali che permette di contestualizzare il rischio idraulico. La zonizzazione agevola la comunicazione di una problematica diversamente percepita dalle comunità.

Anche il non esperto può diventare consapevole e parte critica nelle decisioni territoriali.

AMBITO DEL LAVORO

Il lavoro restituisce parte di un'attività di ricerca iniziata con la redazione della tesi di Laurea specialistica in Pianificazione della città e del territorio, Università IUAV di Venezia, 2011 (relatori: proff. Domenico Patassini e Antonio Rusconi) e proseguita con attività di formazione e consulenza. Le fasi successive prevedono di estendere i test nei comuni del pedemonte vicentino, perfezionando un indice di impatto relativo da utilizzare nei processi di riequilibrio idraulico (invarianza idraulica) dei bacini di appartenenza. Si prevede un'applicazione della metodologia agli impatti idraulici dell'Autostrada Pedemontana Veneta (APV). Il monitoraggio dei fattori che influenzano P è determinante.



Fig. 8 - Riclassificazione areale degli impatti al 2006: esempi di probabili criticità nel Comune di Thiene, a) - aree residenziali, b) - aree industriali.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è stato discusso e sviluppato con il contributo e la review del prof. Domenico Patassini (Università Iuav di Venezia). Per la collaborazione, la messa a disposizione delle banche dati territoriali della Regione Veneto e per gli importanti supporti tecnico-scientifici, si ringraziano l'ing. Maurizio De Gennaro (direttore della Sezione Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia, Regione del Veneto) e l'arch. Sandro Baldan (Posizione Organizzativa "Pianificazione e coordinamento Piani Provinciali", Sezione Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia, Regione del Veneto).

BIBLIOGRAFIA

Australian Government, Department of Climate Change and Energy Efficiency (2010), Climate Change adaptation actions for local government
 Bassan L., Pozzer G. (2011), *Vincolo di invarianza idraulica e pianificazione del territorio: prove di zonizzazione in provincia di Vicenza*, in La Loggia G., Paletti A., Becciu G., Freni G., Sanfilippo U. (a cura di), *Acqua e Città 2011 - Pianificazione, Protezione e Gestione*, Milano: Centro Studi Idraulica Urbana, pp. 75-76
 Bassan L., Pozzer G. (2013), *Invarianza idraulica e consumo di suolo: prove di zonizzazione per la mitigazione del rischio idraulico e l'adattamento dei processi di piano in Italia e Germania*, in Musco F., Zanchini F. (a cura di), *Le città cambiano il clima*, Venezia: Corila, pp. 28-34
 Compagnia Generale Ripreseeree di Parma - CGR (2007), *Ortofoto IT2000 NR 2006-2007* (Concessione della Regione del Veneto)
 EPA (2009), *Land-Use Scenarios: National-Scale Housing-Density Scenarios Consistent with Climate Change Storylines*
 Huntington T.G. (2006), Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis, in *Journal of Hydrology*, volume 319, 1-4, pp. 83-95
 Istituto Geografico Militare (IGMI) di Firenze (1955), *Fotogrammi GAI 1954-1955* (Concessione della Regione del Veneto)
 Pistocchi A. (2001), *La valutazione idrologica dei piani urbanistici: un metodo semplificato per l'invarianza idraulica dei piani regolativi generali*, in *Ingegneria Ambientale*, volume XXX, 7/8, pp 407-413
 Regione del Veneto, *Quadro Conoscitivo L.R. 11/2004 Regione del Veneto, Servizio Cartografico, Segreteria Regionale al Territorio* (2002), *Repertorio aerofotogrammetrico del Veneto*, Parma: Grafiche STEP
 Regione del Veneto (2007), *DBCS Copertura del suolo della Regione Veneto progetto GSE Land - Urban-Atlas: utilizzo delle banche dati territoriali del SIT della Regione Veneto*, 2006
 Schreider S.Y., Smith D.I., Jakeman A.J. (2000), Climate change impacts on urban flooding, *Climatic Change*, 47, pp. 91-115
 Sterling B. (2006), *La forma del futuro*, Milano: Apogeo
 Van Der Plog R., Machulla R. et al. (2002), *Changes in land use and the growing number of flash floods in Germany*, in Steenvoorden J., Claessen F., Willems J. (ed. by), *Agricultural Effects on Ground and Surface Waters: Research at the Edge of Science and Society*, Wallingford: IAHS Press, pp. 317-322

PAROLE CHIAVE

TECNOLOGIE SPAZIALI; GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO; PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

ABSTRACT

The aim of the study is to show, how and how much, urbanization and soil sealing can change the hydraulic performance of a given geomorphology. The analysis area includes the territory of the ex Consortium for Land Reclamation Medio Astico Bacchiglione; a specific test was performed to Municipality of Thiene (Province of Vicenza). Thanks to a dedicated spatial algorithm developed with ArcGis it was possible to correlate, per pattern of land use, the runoff coefficients at the digital terrain model (DTM). The implementation of the functions of direction and accumulation (hydrology tools), has allowed to study the behaviour of the superficial runoff and to evaluate the hydrological impacts per use change, of two reference periods (1954 and 2006). The test generates the risk mapping. Areas at different vulnerability and exposure are identified with tool focal statistics. Referred to them are the spatial planning strategies on watershed scale. The algorithm in GIS environment allows to manage flood risk with multiscale and multitemporal analysis of the dynamics of land use, and to estimate the incremental levels of soil sealing and cumulative impacts. Hazard and risk are managed with a complete overview of the problem; it allows to check, in time, the uses at high impact and the health risk. The obtained results support the urban regeneration policies and the territorial development.

AUTORE

LAURA BASSAN
 laurabassan84@gmail.com

Urbanista, consulente in Sistemi Informativi Territoriali e Nuove tecnologie.

GIANFRANCO POZZER
 gianfranco.pozzer@gmail.com

Urbanista, dottorando di ricerca in Architettura, città e design, curriculum Nuove tecnologie per il territorio, la città e l'ambiente, Università IUAV di Venezia; già collaboratore presso la Regione del Veneto - Sezione Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia.



Computer Graphics Technologies

Via Corradino di Svevia n° 48 - 90134 Palermo
 Via delle Industrie n° 1 - 20883 Mezzago

- Distributore autorizzato TRIMBLE.
- Laboratorio autorizzato per la strumentazione TRIMBLE.
- Proprietaria rete di stazioni permanenti GPS (VRS SICILIA).
- Supporto e controllo in remoto di tutta la strumentazione mobile TRIMBLE attraverso il software TRIMBLE ASSISTANT.
- Corsi di formazione.



tel. 0916513421 (Palermo)
 tel. 0393313427 (Mezzago)
 Fax 0916513414 (Palermo)
 E-mail info@cgtsrl.it
 Www.cgtsrl.it