



Analisi idrologica in ambiente GIS per la verifica della compatibilità e invarianza idraulica

Viviana Angeloro. Acea Elabori SpA, viviana.angeloro@aceaspa.it

Emanuela Rasicci. Acea Elabori SpA, emanuela.rasicci@aceaspa.it

Antonio Annis. WARREDOC, Università per Stranieri di Perugia, fernando.nardi@unistrapg.it

Fernando Nardi. WARREDOC, Università per Stranieri di Perugia, fernando.nardi@unistrapg.it

Parole chiave: Modellazione idrologico-idraulica; Rischio idrogeologico, Compatibilità idraulica

ABSTRACT

I Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) prescrivono che ogni intervento di trasformazione degli elementi e processi idrogeomorfologici non determini un peggioramento dell'assetto idraulico. Analisi idrologiche ed idrauliche si rendono, a tal fine, necessarie per dimostrare la compatibilità ed invarianza idraulica. Tali analisi sono di fondamentale importanza per dimostrare che una qualsiasi struttura o infrastruttura in progetto non aggravi l'esistente livello di rischio a cui sono sottoposte le persone ed i beni. Le piattaforme GIS forniscono un potente supporto per le modellazioni idrologiche ed idrauliche. La libreria dei toolbox di analisi idrologica e la possibilità di sviluppare algoritmi ad hoc per le specifiche finalità di una particolare tipologia di progetti costituiscono un supporto fondamentale per la progettazione e mitigazione degli interventi di analisi e mitigazione del rischio idrogeologico. In questo contributo vengono presentati dei casi studio sviluppati da ACEA Elabori S.p.A. dove analisi idrologiche avanzate in ambiente GIS sono applicate per la verifica della configurazione di stato di fatto e di progetto con particolare riguardo a: determinazione delle portate di progetto, analisi di piccoli invasi di laminazione, modellazione di sistemi di gestione delle acque meteoriche.

1. Introduzione

I GIS sono strumenti informatici sempre più utilizzati a supporto di analisi idrologiche ed idrauliche. Lo sviluppo di modelli idrologico-idraulici in ambiente GIS permette di sfruttare a pieno i dati topografici di nuova generazione (DTM da Lidar o drone) e produrre mappe tematiche in grado di illustrare sinteticamente e dinamicamente (se implementate in ambiente webGIS) i dati e le variabili idrauliche principali (tiranti e velocità idriche; curve di livello idrico ecc.) migliorando la capacità di visualizzazione e sintesi a supporto del processo gestionale e decisionale in aree a rischio idrogeologico. In questo studio si presentano i risultati di analisi idrologiche avanzate, sviluppate in ambiente ESRI ArcGIS, applicate per la verifica della compatibilità idraulica di alcuni tratti di reticolo idrografico secondario (fossi di scolo) in relazione ai contributi di portata scaricata dagli impianti di depurazione/scolmatori/sfioratori. Lo studio affronta anche le analisi ed azioni previste per garantire l'invarianza idraulica di ogni eventuale trasformazione territoriale. In questo contributo si mostra nel dettaglio la metodologia adottata per la definizione dei bacini idrografici e la generazione delle relative mappe raster mediante l'utilizzo del comando "watershed" dell'estensione Spatial Analyst, quale primo passo di una procedura completa di Terrain Analysis di caratterizzazione idrogeomorfologica del bacino di interesse.

2. L'esigenza

L'obiettivo specifico dell'analisi per la compatibilità idraulica degli scarichi è di accertare la non alterazione del deflusso potenziale associato alle portate di piena, in riferimento agli interventi di urbanizzazione. L'obiettivo è di stimare l'effetto al suolo delle precipitazioni intense ed in particolare la portata massima drenata nella configurazione ante operam rispetto alla dinamica idrologico-idraulica post operam con il fine ultimo di fornire i parametri di dimensionamento degli opportuni accorgimenti progettuali e delle eventuali opere di sistemazione idraulica la cui funzione è di garantire l'invarianza idraulica della trasformazione territoriale, come previsto dalle norme attuative dei piani di assetto idrogeologico (Nardi, 2014).

3. La soluzione

Il processamento in ambiente GIS di Modelli Digitali del Terreno (DTM) consente di estrarre le informazioni principali a supporto delle indagini e stime degli elementi e processi che governano l'idrologia del bacino: reticolo di drenaggio, curve di livello, perimetro del bacino, carta delle pendenze.





A titolo di esempio si riporta di seguito l'identificazione di un bacino idrografico associato ad una predefinita sezione di chiusura utilizzando il DTM a passo 5 metri estratto dalla Carta Tecnica Numerica della Regione Lazio con scala 1:5000 (CTRN) , anche detto DTM CTRN5k.

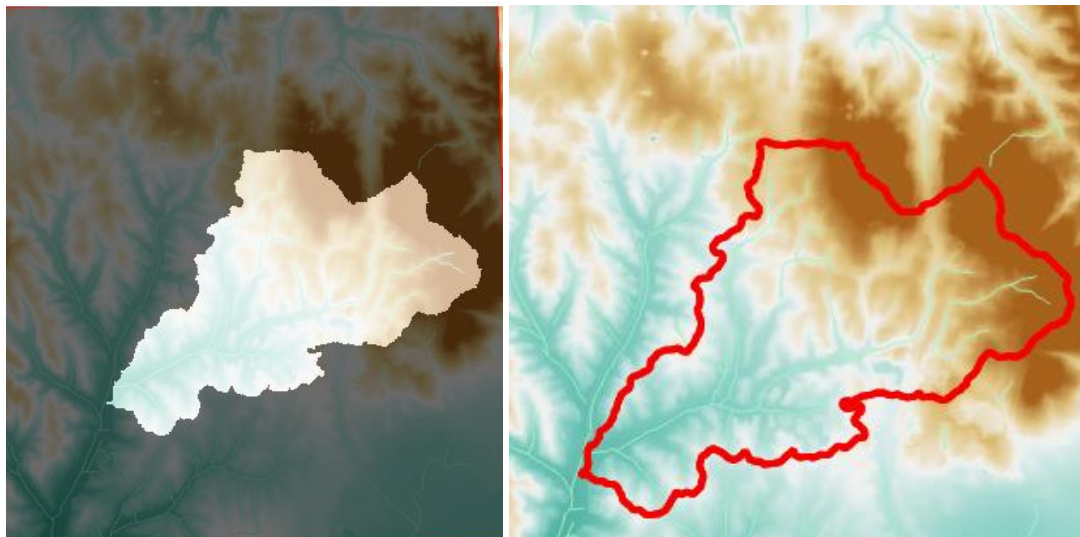


Figura 1. Visualizzazione bacino idrografico determinato mediante l'utilizzo del comando "watershed"

Ulteriori strati informativi utili alla parametrizzazione idrologica sono acquisiti ed inseriti nel GIS. In particolare sono disponibili i dati geospaziali sulla geologia, pedologia e l'uso del suolo. Tali informazioni sono, ad esempio, utili per la stima del coefficiente di afflusso meteorico.

Nel caso specifico il software ArcGIS è utilizzato per automatizzare le procedure per il calcolo distribuito sul territorio di parametri quali il coefficiente CN (curve number). Si riporta di seguito un esempio della metodologia adottata per la stima del CN all'interno dello studio di compatibilità idraulica degli scarichi nei corsi d'acqua nel territorio di interesse.

L'analisi morfometrica della porzione del bacino imbrifero di studio consente di stimare i parametri principali a supporto dello studio idrologico. Nel caso rappresentato in figura, si stima una superficie complessiva del bacino idrografico di circa 12 Km², un'altitudine media di 692 m s.l.m. e una lunghezza dell'asta principale pari a 8 Km. Le caratteristiche ed estensioni delle diverse componenti di uso del territorio sono state analizzate utilizzando la basedati Corine Land Cover (CLC) basato su immagini satellitari SPOT-4 HRVIR, SPOT 5 HRG e/o IRS P6 LISS III, di cui viene riportato un estratto nella figura seguente. In Tabella 1 i dati relativi alle diverse componenti.

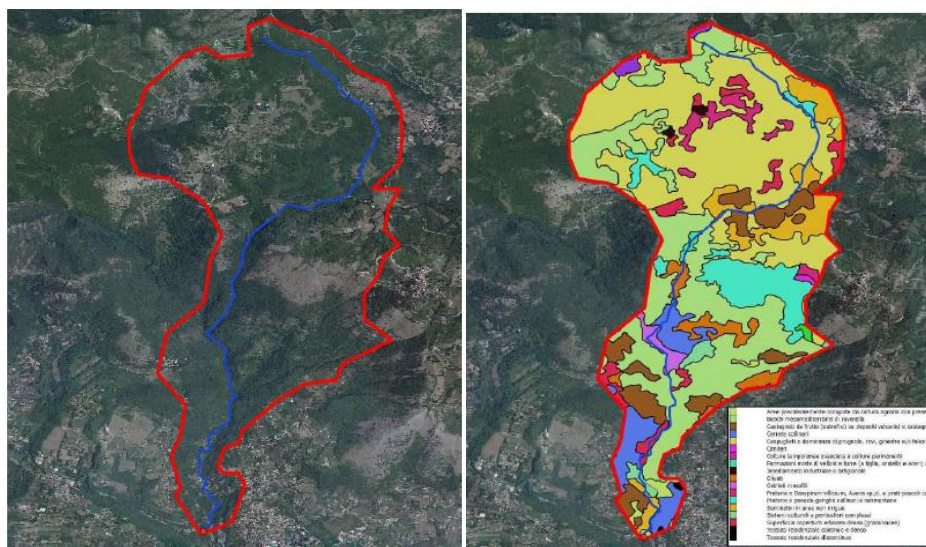




Figura 2. Perimetrazione del bacino idrografico di interesse e carta dell'uso del suolo nel Bacino di studio – Immagine Corine Land Cover (CLC) su immagine aerea
Tabella 1. Stato attuale – Bacino – Corine Land Cover (CLC).

Uso suolo	Area (m ²)	Percentuale
Aree prevalentemente occupata da cultura agraria/boschi di roverella	2 760 000	23.00%
Castagneti da frutto	1 020 000	8.50%
Cerrete collinari	960 000	8.00%
Cespuglieti a dominanza di prugnolo, rovi, ginestre	3 240 000	27.00%
Cimiteri	120 000	1.00%
Colture temporanee associate a colture permanenti	456 000	3.80%
Formazioni miste di valloni e forre	1 320 000	11.00%
Insediamiento industriale o artigianale	240 000	2.00%
Oliveti – seminativi in aree non irrigue	996 000	8.30%
Superfici a copertura erbacea densa/praterie	840 000	7.00%
Tessuto residenziale continuo e denso	48 000	0.40%
Totale complessivo	12 000 000	100%

La carta geolitologica del bacino di interesse è anche utilizzato per analizzare le capacità e caratteristiche idrogeologiche dei substrati. Tale analisi è sviluppata prendendo a riferimento i dati GIS della carta geologica della Regione Lazio in scala 1:25000.

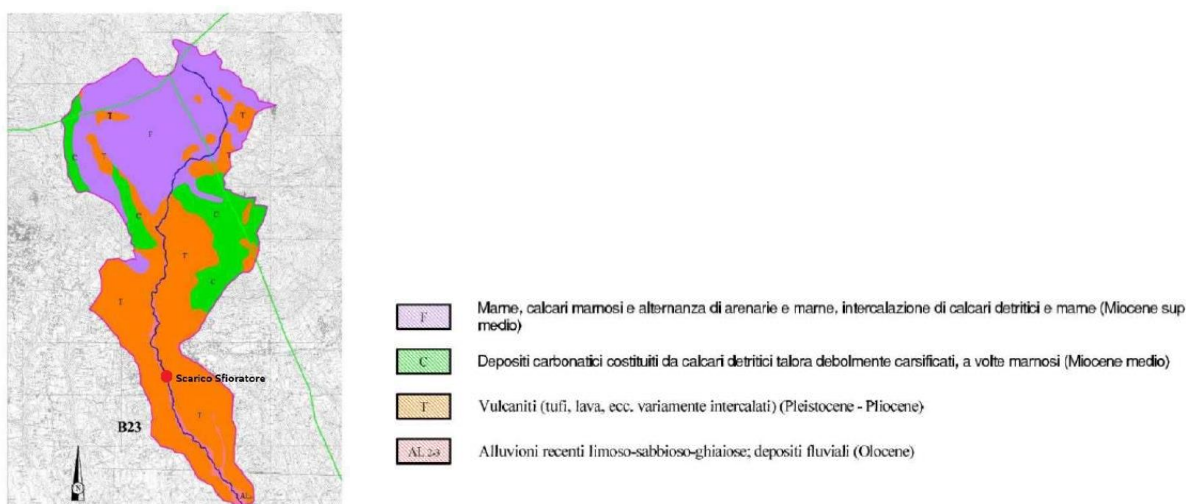


Figura 3. Carta delle formazioni geolitologiche

Dall'analisi combinata degli strati informativi, sopra esposti, si ricava il parametro CN, che in quanto fattore decrescente della permeabilità, è determinato da:

- la tipologia litologica del suolo;
- l'uso del suolo;
- il grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato.

Sovrapponendo gli strati informativi di uso e tipo di suolo si può attribuire un valore di CN per ogni "incrocio o sovrapposizione". Successivamente utilizzando un peso associato all'estensione delle aree di competenza del bacino inerenti le tre variabili di ingresso si può determinare il CN come valore medio pesato a caratterizzare il CN medio del bacino in esame.

L'esito di tale analisi per il bacino in esame fornisce un valore medio di CN=70, valore in linea con le due categorie rilevanti nella porzione di bacino considerato.





Tabella 2. Stato attuale – Bacino –Determinazione del valore del CN

Uso suolo	Incidenza	CN	CNi
Aree prevalentemente occupata da cultura agraria/boschi di roverella	23.00%	76	17.48
Castagneti da frutto	8.50%	58	4.93
Cerrete collinari	8.00%	64	5.12
Cespuglieti a dominanza di prugnolo, rovi, ginestre	27.00%	66	17.82
Cimiteri	1.00%	80	0.8
Colture temporanee associate a colture permanenti	3.80%	76	2.88
Formazioni miste di valloni e forre	11.00%	70	7.7
Insediamiento industriale o artigianale	2.00%	98	1.96
Oliveti – seminativi in aree non irrigue	8.30%	68	5.64
Superfici a copertura erbacea densa/praterie	7.00%	70	4.9
Tessuto residenziale continuo e denso	0.40%	98	0.39
Totale complessivo	100%		69.64

Si illustra a titolo di esempio un secondo caso di studio svolto per l'analisi ai fini della verifica dell'invarianza idraulica di uno scenario di trasformazione territoriale. In particolare si sfrutta l'analisi morfometrica di "Terrain Analysis" sopra esposta, su base DTM, per individuare le zone di bacino più propense ad invasare ovvero a far defluire le acque di scorrimento superficiale.

La toolbox Hydrology di ArcGIS è utilizzata per stimare le direzioni di massima pendenza (flow direction) a partire dalla matrice delle quote topografiche. Successivamente, dall'analisi della flow direction si stima la mappa di accumulo del flusso superficiale, generata con il conteggio delle celle che contribuiscono alla direzione principale di flusso. Di seguito si riporta il DTM CTRN5k e la mappa di accumulo di flusso superficiale (flow accumulation) dell'area di studio.

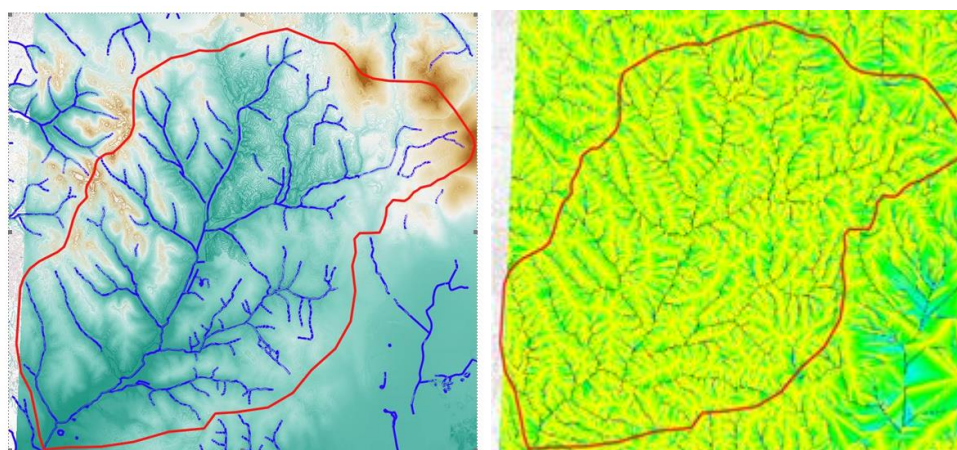


Figura 5. Bacino idrografico di interesse su base DTM raster passo 5 metri con indicazione reticolo idrografico (sinistra) e mappa accumulo del flusso superficiale del bacino idrografico di interesse (destra)

L'analisi dei risultati della modellazione idrogeomorfologica, morfometrica ed idrologica, utilizzando come parametro di ingresso principale l'altimetria dell'area di studio, fornisce un supporto efficace per la valutazione delle dinamiche idrologiche che governano la pericolosità idraulica potenziale. Unitamente al quadro conoscitivo del potenziale rischio idrogeologico, tali analisi consentono anche di individuare che sono naturalmente (ovvero artificialmente, se ipotizzati interventi di trasformazioni morfologici o opere idrauliche) propense per la gestione di volumi di invaso a monte del recapito ai fini della gestione e mitigazione del rischio idraulico.

Ad esempio per il bacino in esame si ipotizza un sistema idraulico per garantire l'invarianza idraulica basato sulla realizzazione di bacini di infiltrazione, ovvero di aree modellate in modo tale da creare dei piccoli invasi, con la





funzione di accumulare momentaneamente e smaltire tramite infiltrazione le acque meteoriche raccolte da superfici estese. Tali azione di mitigazione, realizzata in corrispondenza di depressioni superficiali esistenti, dove l'acqua ristagna naturalmente, mira a replicare e migliorare la capacità di alcune zone del bacino di trattenerne le acque meteoriche in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi. In Figura 6 è rappresentata la posizione di un tale intervento in relazione alla cartografia tematica con la caratterizzazione delle matrici di flusso ed accumulo.

Le analisi mostrate, che costituiscono la prima fase delle attività di modellazione afflussi-deflussi, consentono di fornire un quadro conoscitivo preliminare già efficace in termine di individuazione e progettazione di interventi di gestione e mitigazione del rischio idraulico ai fini della compatibilità ed invarianza idraulica.

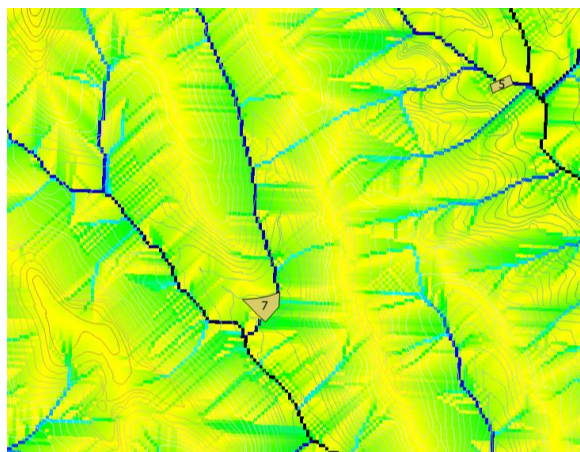


Figura 6. Mappa accumulo del flusso superficiale con l'ubicazione di due aree con funzione da piccoli invasi

4. Il cambiamento

L'utilizzo dei GIS consentono di fornire analisi speditive, ma efficaci, a supporto dell'analisi e progettazione del territorio in aree a rischio idraulico. L'applicazione di tecniche di processamento morfometrico, Terrain Analysis, in ambiente ArcGIS, mette a frutto le potenzialità dei dati digitali topografici di nuova generazione (DTM da satellite, lidar, drone), consentendo all'analista di automatizzare procedure per la modellazione idrologica su larga scala. Disporre di strumenti di caratterizzazione morfometrica in ambiente GIS aumenta le capacità conoscitive e di analisi sia degli esperti idrologi, analisti GIS, che dei destinatari degli studi (funzionari enti della PA di competenza sul rischio idraulico) e di ogni potenziale utente interessato a capire per meglio gestire le aree a potenziale rischio. L'efficacia di analisi e visualizzazione aiuta il processo cognitivo, analitico e decisionale.

Riferimenti

Murachelli, Riboni, R.B. (2010). *Rischio idraulico e difesa del territorio*, Dario Flaccovio Editore, Italia

Nardi F. (2014) Linee guida per la modellazione idrologica ed idraulica bidimensionale per la definizione della pericolosità idraulica di piccoli bacini non strumentati (PS5, Autorità di Bacino del fiume Tevere, disponibili su www.abtevere.it)

