

L'utilizzo delle *Nature-Based Solutions* per la rigenerazione urbana

Annamaria Felli

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: annamaria.felli@graduate.univaq.it

Cristina Montaldi

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: cristina.montaldi@graduate.univaq.it

Gianni Di Pietro

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: gianni.dipietro@graduate.univaq.it

Francesco Zullo

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: francesco.zullo@univaq.it

Abstract

I processi di urbanizzazione e impermeabilizzazione del suolo, ancora oggi, in Italia ed Europa, sono tra le principali cause di degrado del suolo, una risorsa naturale non rinnovabile a breve termine che offre servizi ecosistemici come la produzione alimentare, la regolazione delle qualità dell'aria e delle acque e la mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico. Nelle città resilienti, i servizi ecosistemici rappresentano la chiave per una transizione verso la rigenerazione urbana, che coinvolge le comunità. La resilienza urbana si manifesta nell'adattarsi ai cambiamenti e nell'ideare risposte innovative per resistere a minacce esterne. L'obiettivo del lavoro presentato è quello di analizzare l'impatto positivo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile, noti come Low Impact Development (LID), sulla resilienza urbana. Questi sistemi convogliano le acque bianche con tecnologie a basso impatto, mantenendo il regime idrico pre-urbanizzazione. Esse sono cruciali per la qualità della vita e il mantenimento degli habitat naturali. Le LID e le Nature Based Solutions (NBSs) sono soluzioni che integrano la natura nelle trasformazioni urbane, fornendo benefici ambientali, sociali ed economici. Nel caso in esame si propone un esempio di applicazione di tali tecnologie, attraverso il software SWMM. Nello specifico è stato considerato un quartiere residenziale di Pescara, città che si trova sulla foce dell'omonimo fiume e si affaccia sulla costa adriatica abruzzese.

Parole chiave: nature-based solutions, rigenerazione, resilienza

Introduzione

I processi di urbanizzazione e impermeabilizzazione sono tra le principali cause di degrado del suolo. Tra gli effetti più tangibili e ad oggi acuiti dai cambiamenti climatici, vi sono allagamenti e alluvioni. Questi avvengono a seguito di eventi meteorici, non sempre estremi, ma che a causa di una eccessiva impermeabilizzazione dei suoli, non accompagnata da un consono adeguamento delle reti fognarie e dei sistemi di drenaggio, fa sì che tali acque non vengono smaltite adeguatamente dalla rete con conseguenti danni e disagi per la popolazione e il patrimonio edilizio abitativo. La progettazione di città resilienti può essere una risposta per la mitigazione di tali problematiche, ma implica l'utilizzo capillare di soluzioni sociali, economiche e ambientali innovative in grado di resistere nel lungo periodo a eventuali minacce esterne. Tra le pratiche che, se ben progettate, riescono a mitigare gli effetti di questi eventi ci sono i sistemi di drenaggio urbano sostenibile, noti anche come LID. Il loro compito è quello di controllare le acque bianche tramite tecnologie a basso impatto, che sfruttano le risorse naturali e mirano al mantenimento del regime idrico presente prima dell'urbanizzazione dei suoli. Esistono diversi sistemi per gestire le acque superficiali e i più utilizzati sono le aree di bioritenzione, le pavimentazioni permeabili e le trincee infiltranti. Questi tre sistemi sono stati scelti in questo specifico caso studio proprio per il loro ampio utilizzo e la relativa semplicità ed

economicità nella realizzazione pratica. Tali pratiche oltre ad influire sul drenaggio delle acque riescono a trattenere alcune sostanze inquinanti, preservando la qualità delle acque sotterranee e superficiali e supportano l'ecosistema urbano esistente creando spazi più vivibili. Per modellare il comportamento della rete e delle pratiche LID, è stato utilizzato il modello di calcolo SWMM (Storm Water Management Model), che è un modello fisicamente basato di gestione delle acque meteoriche, capace di simulare il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi in ambito urbano. Le analisi condotte sono state numerose ed hanno riguardato, non solo l'effetto delle LID sul deflusso superficiale, ma anche sulla capacità di riduzione degli inquinanti nelle acque di prima pioggia.

Area studio

L'area oggetto di studio come mostrato in Figura 1, è un quartiere residenziale che si estende per 19 ettari e si trova nella zona centrale della città di Pescara lungo la costa adriatica abruzzese. L'area comunale si estende per 34,38 kmq e al 2023 registra una popolazione di poco inferiore ai 120.000 abitanti risultando essere una delle città più densamente abitate della costa adriatica. Nel corso degli ultimi anni Pescara è stata purtroppo oggetto di numero eventi alluvionali (2013-2017-2019-2023), che hanno determinato danni e disagi economici, sociali e ambientali. Tra le cause di questi eventi vi sono certamente eventi meteorici importanti (122 mm di pioggia in 12 h nel 2019) ma che sono stati sicuramente acuiti dalla presenza di ampie zone urbanizzate, dall'altitudine media del territorio (4 m s.l.m.) dalla morfologia del territorio (zona pianeggiante adiacente al fiume e al mare). Questi elementi incrementano la complessità delle analisi, e proprio per questo che nel lavoro si è scelto di porre l'attenzione sui cambiamenti di uso del suolo, sugli effetti degli stessi e sulle possibili soluzioni da adottare al fine di mitigarne gli effetti. Per capire l'entità del problema basti pensare che la città di Pescara negli anni '50 registrava una densità di urbanizzazione (DU) di 6,81% salita a 48,36% negli anni 2000 ed è arrivata agli attuali 77,27%. Considerando che la maggior parte delle aree urbanizzate sono coperte da superfici impermeabili, significa che dagli anni '50 ad oggi, a parità di evento meteorico, le acque meteoriche che devono essere convogliate in rete fognaria, solo a causa della nuova impermeabilizzazione sono indicativamente il 70% in più. Una percentuale di questa entità è sicuramente sufficiente a mettere in crisi una rete fognaria, a maggior ragione che le reti fognarie di questo tratto di costa abruzzese sono state costruite principalmente negli anni '60 e '70 quando è iniziato l'intenso insediamento di tutta l'area costiera (Romano et al., 2014).



Figura 1 | Inquadramento dell'area studio(a), (b), (c) con indicazione della modellazione utilizzata in SWMM (d).

Fonte: elaborazione degli autori.

Materiali e metodi

Le analisi condotte derivano principalmente dalle elaborazioni dei dati di output del modello EPA Storm Water Management Model (SWMM), prodotto e sviluppato dal US-EPA. Esso è in grado di simulare la precipitazione meteorica e gli inquinanti da essa trasportati dalla superficie del bacino alla rete dei canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio urbano. È un modello fisicamente basato di gestione delle acque meteoriche, capace di simulare il fenomeno dinamico afflussi-deflussi. I dati di input richiesti dal modello sono numerosi e provengono da svariate fonti. La schematizzazione dell'area studio è riportata in Figura 1d, in cui è visibile la suddivisione dell'area urbanizzata in 14 sottobacini (S) con una rete di drenaggio di assegnate caratteristiche, avente 14 nodi (J) e 16 condotte (C), con due uscite (OUT1 e OUT2) nei pressi del fiume Pescara.

Nello specifico, l'uso del suolo assegnato deriva da osservazione del dato satellitare (GoogleEarth, 2022) a seguito del quale è stata definita, per semplicità l'ipotesi che la superficie impermeabile riguardasse il 50% della superficie dei bacini. Le informazioni caratterizzanti l'uso del suolo indicato, con cui si è in grado di fornire determinate caratteristiche ai sottobacini e caratterizzare le funzioni che descrivono l'accumulo e il lavaggio di sostanze inquinanti nei vari sottobacini, derivano da fonti di letteratura (Ciaponi et al., 2014; Dandy et al., 2018; Felli et al., 2023; Gülbaz, 2019; Papiri, 2003; Zhou et al., 2012) e dal manuale del modello (Rossman & Huber, 2016; Rossman & Huber, 2017; Rossman, 2017; Rossman, 2010). I dati di pioggia sono stati forniti dalla Regione Abruzzo in collaborazione con la società Hydronline e fanno riferimento all'anno 2021 dal 1° gennaio al 31 dicembre. Il modello SWMM può simulare la generazione, il dilavamento e il trasporto di un numero qualsiasi di inquinanti definiti dall'utente, ragione per cui sono stati presi in considerazione inquinanti come solidi sospesi (TSS), zinco, piombo, fosforo e azoto, le cui concentrazioni sono state rilevate da campionamenti effettuati grazie al progetto europeo Watercare (Progetto Watercare), avente come obiettivo la realizzazione di un sistema di monitoraggio idro-meteorologico in tempo reale. I dati relativi alla rete fognaria, realizzata tra gli anni '60 e '70, sono stati reperiti presso l'Azienda Comprensoriale Acquedottistica, ACA. Le informazioni caratterizzanti tale rete, come la geometria dei rami, il tipo di sezione, la lunghezza, la pendenza, la scabrezza, la portata, la velocità, l'area bagnata, il raggio idraulico e la larghezza del pelo libero, derivano da fonti di letteratura (Ciaponi et al., 2014; Dandy et al., 2018; Felli et al., 2023; Gülbaz, 2019; Papiri, 2003; Zhou et al., 2012) e dal manuale del modello (Rossman & Huber, 2016; Rossman & Huber, 2017; Rossman, 2017; Rossman, 2010). La scelta delle LID da utilizzare come già anticipato è legata al loro ampio utilizzo e alla relativa semplicità ed economicità nella realizzazione pratica. Le LID scelte, nello specifico, sono celle di bioritenzione, pavimentazioni permeabili e trincee infiltranti. Le informazioni richieste dal modello, ad esempio la percentuale dell'area totale del sottobacino dedicata alla LID e la permeabilità del suolo definita dai parametri che indicano la capacità del suolo di infiltrare l'acqua, come il tipo di suolo e le sue proprietà idrauliche, derivano dalla letteratura scientifica e dal manuale del modello stesso (Felli et al., 2023; Frias et al., 2021; Gironás et al., 2010; Gobattoni et al., 2017; Gülbaz, 2019; Nazari et al., 2023; Yang et al., 2023; Rossman & Huber, 2016). L'area studio viene quindi modificata in alcune parti, rendendole ambientalmente più sostenibili, grazie all'inserimento delle LID, allo scopo di analizzare gli effetti della rigenerazione urbana. Per valutare quanto sia rilevante l'assenza di pioggia sull'intensità della sorgente e per osservare l'andamento della concentrazione degli inquinanti considerati in assenza e in presenza di LID, è stata effettuata quindi un'analisi parametrica grazie al linguaggio di programmazione Python utilizzando tre variabili: la durata del tempo asciutto che precede l'evento (t_0) espressa in giorni, la durata dell'evento di pioggia (t_D) espressa in minuti, e l'altezza di pioggia totale (h) espressa in millimetri. La durata del tempo asciutto è stata variata da 1 a 30 giorni a intervalli di 5 giorni e da 30 a 180 giorni a intervalli di 30 giorni. La durata dell'evento di pioggia è stata variata da 15 a 180 minuti a intervalli di 15 minuti, mentre l'altezza di pioggia è stata impostata in valori compresi tra 0 e 35 millimetri. In totale, si sono realizzate 288 simulazioni per studiare e confrontare l'andamento della concentrazione in uscita ai punti di misura OUT1 e OUT2. Le ipotesi considerate per l'installazione delle LID sono riportate nella Tabella I. In particolare, il 30% delle aree libere è stato occupato da celle di bioritenzione, il 15% da pavimentazioni permeabili e il 45% da trincee infiltranti. In totale il 90% dell'area di studio è stata modificata con l'inclusione delle LID. Si potrebbe sottolineare che la grande percentuale di LID è stata motivata ad amplificarne gli effetti. Quindi, i risultati dello studio dovrebbero essere valutati secondo un approccio comparativo, piuttosto che focalizzato sui valori assoluti.

Tabella I | Caratteristiche dei sottobacini interessati dalle diverse tipologie di LID scelte.

Tipologia di LID	Sottobacino	Area [km ²]	% Area occupata
Celle di bioritenzione	S1	1	31.6%
	S2	0.9	21.1%
	S3	1.5	29.7%
	S4	2	38.9%
	S5	2	36.6%
	S6	3	32.9%
	S7	1	22.5%
	S8	1	18.8%
	S9	1.5	29.5%
	S10	6	46.9%
	S11	1.4	24.1%
	S13	1.4	28.3%
	S14	0.93	27.8%
	Pavimentazioni permeabili	S3	0.57
S5		0.6	11%
S8		0.5	9.4%
S11		2	34.5%
S12		0.3	10%
Trincee infiltranti	S2	2	46.9%
	S6	4	43.9%

I dati di output forniti dal modello sono stati analizzati statisticamente. La metodologia di lavoro utilizzata in questo studio è riportata in Figura 2, attraverso un diagramma di flusso.

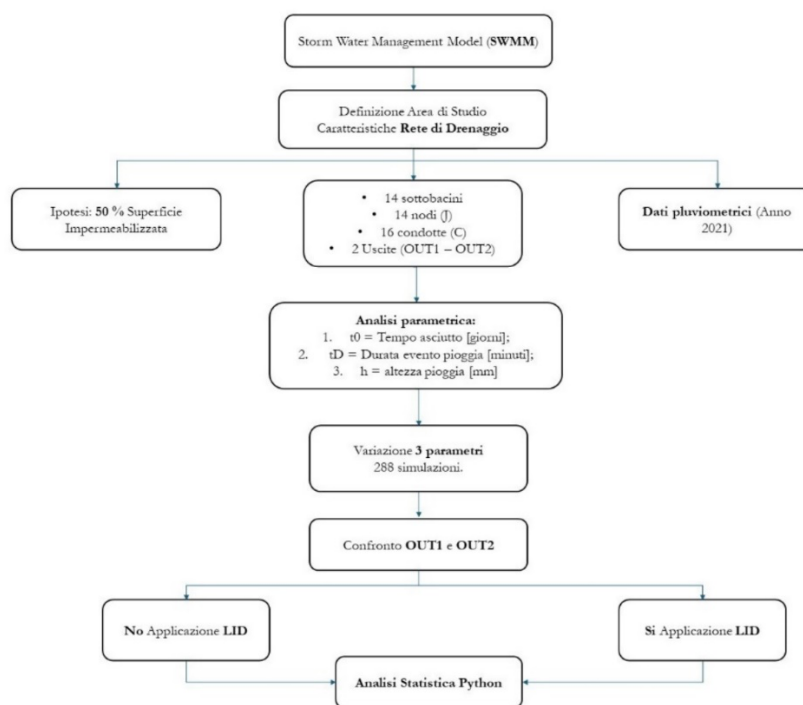


Figura 2 | Diagramma di flusso.
Fonte: elaborazione degli autori.

Risultati

L'analisi parametrica condotta considerando i tre parametri sopra citati (t_0 , t_D , h) ha permesso di valutare la situazione attuale presente nell'area studio, ma anche valutare cosa succede inserendo le LID.

Ottenendo risultati simili dei diversi inquinanti nelle varie simulazioni in assenza di LID, si è scelto di riportare i risultati ottenuti per l'inquinante azoto: la Figura 3 mostra i risultati senza LID per l'inquinante azoto e per $t_D = 45$ minuti, $h = 30$ mm e $t_0 = 30$ giorni, mentre la Figura 4 mostra gli stessi risultati con le LID. L'esame delle figure rivela che la disponibilità dell'inquinante da dilavare influenza la forma delle serie

temporali di concentrazione dell'inquinante alle uscite. I grafici in Figura 3 e Figura 4 rappresentano la concentrazione (in mg/l) nel tempo (in secondi) di due curve rappresentanti l'inquinante azoto nell'uscita OUT1 (linea blu) e OUT2 (linea rossa). In Figura 3 entrambe le curve raggiungono un picco e successivamente entrambe mostrano un rapido decremento della concentrazione, che scende rapidamente a zero e rimane tale per il resto del periodo osservato. In Figura 4 le curve mostrano un comportamento iniziale simile. Tuttavia, la discesa successiva è meno brusca rispetto all'andamento di Figura 3. In questo caso, entrambe le curve mostrano una coda più lunga, indicando che la concentrazione si riduce più lentamente e non raggiunge zero così rapidamente come nel primo grafico. La presenza di code più lunghe in Figura 4 suggerisce che il processo di riduzione della concentrazione è influenzato da condizioni o parametri diversi rispetto a quelli evidenziati in Figura 3, ovvero l'inserimento di LID: grazie al loro inserimento, infatti, si ha una riduzione più graduale della concentrazione.

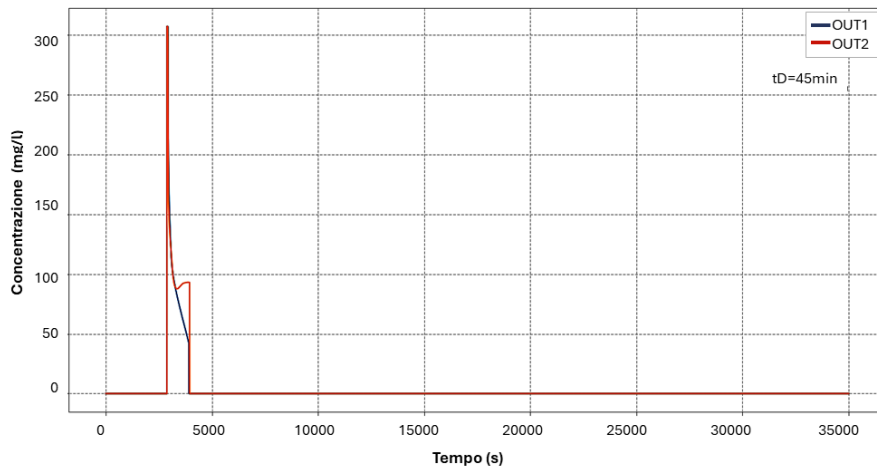


Figura 3 | Simulazione dell'azoto in assenza di LID con $t_0 = 30 \text{ gg}$, $t_D = 45 \text{ min}$ e $h = 30 \text{ mm}$.
Fonte: elaborazione degli autori.

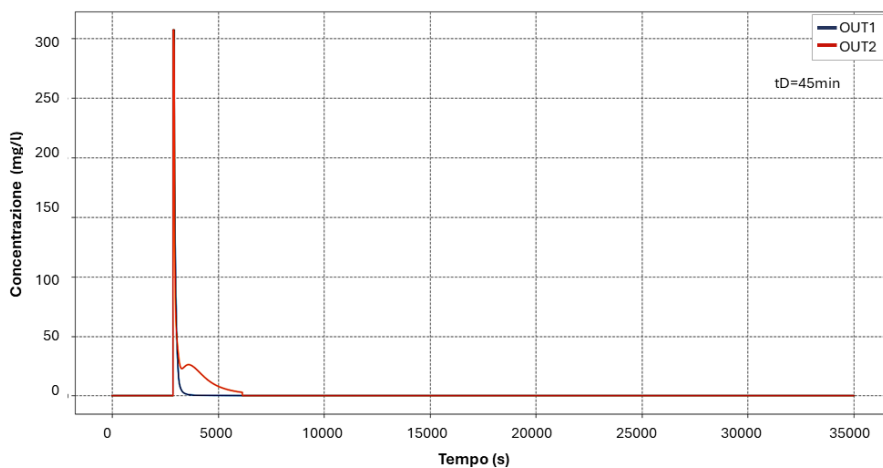


Figura 4 | Simulazione dell'azoto in presenza di LID con $t_0 = 30 \text{ gg}$, $t_D = 45 \text{ min}$ e $h = 30 \text{ mm}$.
Fonte: elaborazione degli autori.

In seguito, è stato possibile estrapolare e confrontare i valori della portata Q (kg/s) che defluisce in corrispondenza delle sezioni in uscita OUT1 (Figura 5.a) e OUT2 (Figura 5.b) dei diversi inquinanti in assenza e in presenza delle LID. Si può osservare che la portata, in assenza delle LID, è sempre maggiore rispetto a quella in presenza delle LID: questo significa che il valore massimo della portata viene raggiunto prima quando non si usano le LID rispetto a quando si usano. Inoltre, sebbene i due valori massimi si verificano quasi contemporaneamente, la portata con le LID è sempre inferiore rispetto a quella senza le LID. Si può osservare che la portata in assenza delle LID è sempre maggiore di quella in presenza delle LID:

questo significa che il valore massimo senza le LID viene raggiunto prima rispetto al caso con le LID. Inoltre, sebbene i due valori massimi si verifichino quasi simultaneamente, la portata con le LID è sempre inferiore rispetto a quella senza le LID.

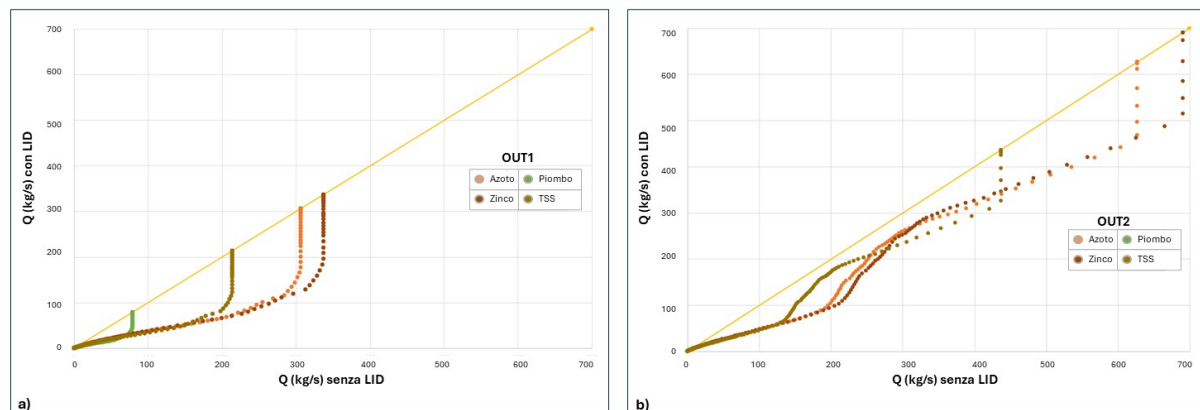


Figura 5 | Andamento della portata che defluisce in corrispondenza delle sezioni in uscita OUT1 (a) e OUT2 (b) in assenza e in presenza delle LID secondo la configurazione scelta.

Fonte: elaborazione degli autori.

Discussioni e conclusioni

L'urbanizzazione spesso causa delle problematiche all'interno dei sistemi di drenaggio, infatti, con l'impermeabilizzazione del suolo, aumenta il deflusso superficiale e quindi la portata che viene convogliata dalla rete. Un sistema fognario dimensionato correttamente, con il passare del tempo può entrare in crisi, se non è in grado di drenare il quantitativo d'acqua che aumenta a causa del fenomeno dell'urbanizzazione. L'esigenza di risolvere queste complicazioni ha portato alla ricerca di soluzioni alternative rispetto alla classica sostituzione dei collettori. «Un approccio sostenibile e resiliente per la gestione delle acque meteoriche in ambito urbano prevede un insieme sistematico di interventi sinergici in grado di ridurre sia l'esigenza di smaltimento assoluta che quella istantanea (Sgobbo, 2018). Il presente studio ha evidenziato come le LID possano contribuire a realizzare una transizione verso un ambiente urbano sostenibile. Esse manifestano molteplici effetti positivi nei confronti della quantità e della qualità dell'acqua, della biodiversità e dell'estetica ambientale in cui sono localizzate. Queste soluzioni, ormai parte integrante delle infrastrutture verdi e blu, sono largamente implementate dai pianificatori, sempre più consapevoli della necessità di mitigare gli impatti antropici sull'ambiente. Tuttavia, spesso vengono adottate con un mero approccio qualitativo, senza influire significativamente sui calcoli necessari per il dimensionamento della rete di drenaggio. L'analisi parametrica condotta sui parametri t_0 , t_D e h ha permesso di valutare sia la situazione attuale nell'area di studio che l'impatto generato dall'inserimento delle LID. I risultati delle simulazioni mostrano chiaramente come gli inquinanti si comportano in assenza e in presenza delle LID. Senza LID, le curve di concentrazione raggiungono rapidamente un picco e poi decrescono velocemente a zero, indicando un processo di dilavamento rapido. Con le LID, invece, la diminuzione della concentrazione è più graduale, con una coda più lunga che suggerisce una riduzione più lenta e prolungata. Questo comportamento indica che le LID influenzano significativamente il processo di riduzione della concentrazione degli inquinanti, rendendolo più sostenibile nel tempo. Inoltre, i confronti delle portate Q alle uscite OUT1 e OUT2 mostrano che, in assenza di LID, le portate sono sempre maggiori rispetto ai casi con LID. Il valore massimo della portata viene raggiunto prima senza LID, ma in presenza di LID, sebbene i valori massimi si verifichino quasi contemporaneamente, le portate sono sempre inferiori. Questo dimostra l'efficacia delle LID nel moderare e distribuire più equamente il flusso degli inquinanti, contribuendo a una gestione più efficace e sostenibile delle risorse idriche urbane. Si può sostenere quindi che la quantità di inquinanti diminuisce quando vengono utilizzate le LID, ma allo stesso tempo il modo in cui questa viene dilavata non cambia, cioè la concentrazione di picco non cambia in modo significativo. Gli interventi di rigenerazione urbana, quindi, possono avere un significativo effetto benefico sul rischio idraulico dovuto alla diminuzione degli scarichi idrici. Il rischio ambientale (legato alla concentrazione degli inquinanti) può invece essere ridotto solo diminuendo la fonte di partenza, ovvero attuando opportune strategie per la gestione sostenibile delle aree urbane. Per questo si sottolinea l'importanza del trattamento delle acque di prima pioggia. In conclusione, sebbene il modello di calcolo SWMM sia uno strumento potente ed efficace per la gestione

delle acque piovane a livello di quartiere, la sua complessità non lo rende facilmente applicabile in contesti urbani. L'applicazione di questo modello richiede una conoscenza approfondita del territorio e delle reti di smaltimento esistenti, conoscenza che spesso manca durante la fase di pianificazione, anche e soprattutto per la difficile reperibilità dei dati in input al modello. Pertanto, è fondamentale sviluppare e rendere disponibili modelli di calcolo più accessibili per i pianificatori. Questi modelli dovrebbero essere in grado di quantificare gli effetti idraulici delle infrastrutture verdi e blu, permettendo così l'integrazione di tali soluzioni come alternative o complementi alle reti di drenaggio tradizionali. Un approccio di questo tipo non solo faciliterebbe una pianificazione urbana più sostenibile, ma consentirebbe anche di investire maggiormente in infrastrutture verdi e blu, evitando la costruzione di ulteriori fogne e canali interrati. Questo cambio di paradigma potrebbe portare a città più resilienti e sostenibili, con una gestione delle acque più efficiente e integrata.

Riferimenti bibliografici

- Ciaponi, C., Papiri, S., Sanfilippo, U., & Todeschini, S. (2014), "Acque di prima pioggia nei sistemi di fognatura-Manuale di progettazione.", CSDU - Centro Studi Idraulica Urbana, Editore Urlico Hoepli Milano.
- Dandy G.C., Di Matteo M., Maier H.R. (2018), "Optimization of WSUD Systems: Selection, Sizing, and Layout", in Sharma A.K., Gardner T., Begbie D. (eds.), *Approaches to Water Sensitive Urban Design*, Woodhead Publishing, Cambridge, pp. 303-328.
- Felli, A., Zullo, F., Di Risio, M. (2023), "Analysis of the influence of coastal urban regeneration strategies on water quality.", in *International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning*, Springer Nature Switzerland, pp. 435-445.
- Frias, R. A., Maniquiz-Redillas, M. (2021), "Modelling the applicability of Low Impact Development (LID) technologies in a university campus in the Philippines using Storm Water Management Model (SWMM).", in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1153, n. 1.
- Gironás J., Roesner L.A., Rossman L.A., Davis J. (2010), "A new applications manual for the Storm Water Management Model (SWMM)", in *Environmental Modelling & Software*, vol. 6, n. 25, pp. 813-814.
- Gobattoni F., Pelorosso R., Piccinni A.F., Leone A. (2017), "The sustainability of the urban system from a hydrological point of view: a practice planning proposal", in *UPLanD-Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, vol. 3, n. 2, pp. 101-122.
- Gülbaz, S. (2019), "Water quality model for nonpoint source pollutants incorporating bioretention with EPA SWMM" in *Desalination and Water Treatment*, vol. 164, pp. 111-120.
- Nazari, A., Roozbahani, A., Hashemy Shahdany, S. M. (2023), "Integrated SUSTAIN-SWMM-MCDM approach for optimal selection of LID practices in urban stormwater systems.", *Water Resources Management*, vol. 37, pp. 3769-3793.
- Papiri, S. (2003), "Qualità delle acque meteoriche di dilavamento, con particolare riferimento alle superfici stradali, e tecniche di controllo.", in *Atti del 24 Corso di Aggiornamento in Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento*, pp. 579-600.
- Progetto Watercare, disponibile su Aset servizi, Servizio idrico integrato, sezione Informazioni generali <https://www.asetservizi.it/servizio-idrico-integrato/informazioni-general/programma-cooperazione-transfrontaliera-interreg-v-a-italia-croazia-progetto-watercare/>
- Romano, B., Zullo, F. (2014), "The urban transformation of Italy's Adriatic coastal strip: fifty years of unsustainability.", *Land use policy*, vol. 38, pp. 26-36.
- Rossman, L. A., Huber, W. C. (2016), "Storm water management model reference manual", US Environmental Protection Agency, vol. I – Hydrology.
- Rossman, L. A., (2017), "Storm water management model reference manual", US Environmental Protection Agency, vol. II – Hydraulics.
- Rossman, L. A., Huber, W. C. (2017), "Storm water management model reference manual", US Environmental Protection Agency, vol. III – Water Quality.
- Rossman, L. A., (2010), "Storm water management model user's manual", US Environmental Protection Agency.
- Sgobbo, A. (2018), "Resilienza e rigenerazione: l'approccio water sensitive urban planning come strategia di sostenibilità urbana.", in *Bollettino Del Centro Calza Bini*, vol. 18, n. 1, pp. 105-126.

- Yang, B., Zhang, T., Li, J., Feng, P., & Miao, Y. (2023), "Optimal designs of LID based on LID experiments and SWMM for a small-scale community in Tianjin, north China.", in *Journal of Environmental Management*, vol. 334, n.117442.
- Zhou Q., Mikkelsen P.S., Halsnæs K., Arnbjerg-Nielsen K. (2012), "Framework foreconomic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits", in *Journal of Hydrology*, n. 414, pp. 539-549.