

Università degli Studi di Napoli Federico II



Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e
Ambientale

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN
INFRASTRUTTURE IDRAULICHE

**LE BMPs A SERVIZIO DELLE RETI DI
DRENAGGIO URBANO: ASPETTI
QUALI-QUANTITATIVI**

RELATORE: Ch.mo Prof. Ing. Maurizio Giugni

CANDIDATA: Serena Onero

RELATORE: Ch.mo Prof. Ing. Francesco De Paola

Matr. N49/398

Anno accademico 2014/2015

INTRODUZIONE

➤ Definiamo “**INQUINAMENTO**” qualunque alterazione dell’ambiente naturale determinata dall’uomo.

Negli anni infatti, si è dato luogo ad un uso improprio e scellerato delle risorse naturali, le quali hanno subito un peggioramento e un impoverimento tali da renderle sempre più rare e preziose.

➤ Inoltre nell’ultimo cinquantennio si è verificata un’intensa opera di urbanizzazione e di conseguenza un’impermeabilizzazione continua e caotica delle aree urbane, che ha fatto emergere non pochi problemi connessi con il drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento.

➤ Risulta dunque fondamentale dar luogo ad un’urbanizzazione che tenga conto del principio dell’ “**INVARIANZA IDRAULICA**” e del “**RISPARMIO IDRICO**”.

In generale, i rimedi più comunemente adottati per far fronte alle problematiche idraulico-ambientali connesse alle precipitazioni possono essere suddivise in tre tipologie:

- **Interventi localizzati;**
- **Interventi non strutturali;**
- **Interventi diffusi** o anche detti **BEST MANAGEMENT PRACTICES**.

INTERVENTI LOCALIZZATI	VASCHE DI PRIMA PIOGGIA
	VASCHE VOLANO
	SCARICATORI
INTERVENTI NON STRUTTURALI (PROVVEDIMENTI NORMATIVI)	PAT (Piano di assetto del territorio)
	PAI (Piano per l’assetto idrogeologico)
BEST MANAGEMENT PRACTICES	Sistemi Filtranti
	Sistemi ad Infiltrazione ed Evaporazione
	Sistemi Vegetati
	Sistemi di Lagunaggio

BEST MANAGEMENT PRACTICES

➤ COSA SONO?

Esse si configurano in molteplici tipi di intervento, costituiti da sistemi depurativi diversi (frequente è il ricorso a sistemi naturali, o estensivi, caratterizzati da costi di impianto e di esercizio molto contenuti), che talvolta si configurano come veri e propri impianti di trattamento.

➤ A COSA SERVONO?

Esse sfruttano processi fisici e biologici per ridurre il carico inquinante delle acque di pioggia, eventualmente assicurando, nel contempo, anche la laminazione delle portate di piena.

➤ COME FUNZIONANO?

Principi alla base del funzionamento:

- **Sedimentazione:** processo fisico per cui particelle sospese in un fluido si accumulano a causa dell'esistenza di un campo di forza;
- **Flottazione:** separa solidi finemente suddivisi, portandone uno a galleggiare al di sopra di un liquido e l'altro a sprofondare nel liquido stesso;
- **Filtrazione:** operazione fisico-meccanica con la quale un liquido in movimento, sotto l'azione di un gradiente di pressione, si separa dalle particelle solide in esso disperse, per effetto della loro ritenzione da parte di un mezzo filtrante poroso attraverso cui il liquido viene fatto passare;
- **Infiltrazione:** processo di trasferimento dell'acqua attraverso la superficie del terreno;
- **Assorbimento:** indica il fenomeno per cui si ha il trasferimento di una specie chimica (ovvero uno scambio di materia) da una soluzione sulla superficie di un solido;
- **Assimilazione:** ricezione di sostanze da parte del suolo;
- **Conversione biologica:** è la conversione di materiali organici in prodotti utilizzabili;
- **Degradazione:** ossidazione della sostanza organica.

➤ COME SI CLASSIFICANO?

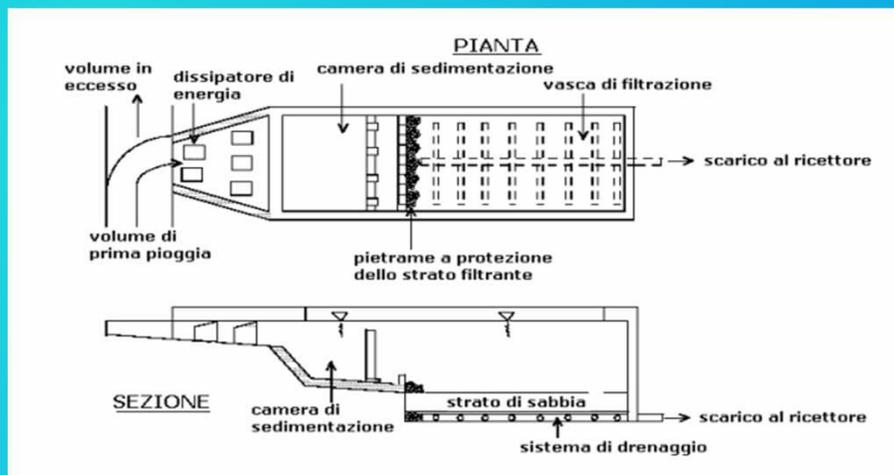
Le BMPs si possono suddividere nelle seguenti categorie:

- **Sistemi Filtranti;**
- **Sistemi ad infiltrazione ed evaporazione;**
- **Sistemi vegetati;**
- **Sistemi di lagunaggio.**

➤ Sistemi Filtranti

Un sistema di filtrazione è una struttura che sfrutta una matrice drenante quale sabbia, ghiaia o torba in grado di rimuovere una parte dei composti inquinanti presenti nelle acque di pioggia. I filtri controllano la qualità delle acque provenienti da piccoli superfici, quali parcheggi o piccole aree urbanizzate, ma possono includere anche un controllo quantitativo dei flussi. I tipi di filtro comunemente utilizzati comprendono:

- *Filtri a sabbia superficiale (Sand Filters)*
- *Filtri tricamerali (Vault sand Filters)*



➤ Sistemi ad Infiltrazione ed evaporazione

Costituiscono soluzioni tecniche che, nel momento di recapitare i volumi idrici in fognatura o al corpo idrico ricettore, hanno lo scopo di facilitare l'infiltrazione e l'evaporazione di almeno parte delle acque nel sottosuolo, ristabilendo l'originale equilibrio idrico che sussisteva nel terreno prima della trasformazione del sito, riducendo le portate scaricate nei ricettori e provvedendo in parte anche alla ricarica delle falde sotterranee. Questi sistemi sono idonei a trattare le acque che non presentano un carico inquinante elevato (tetti, parcheggi di piccole dimensioni). Essi si differenziano in base alla funzione:

Trattamento delle acque dai tetti

- Pozzi Asciutti (Dry Wells)
- Tubazioni Drenanti (French Drains)
- Vasche Verdi Filtranti (Flow-Through Planters)
- Tetti Verdi (Green Roofs)
- Vasche di Raccolta e Riutilizzo: Cisterne (Rain Barrels)



Green Roof

Trattamento delle acque stradali e da parcheggi

- Pavimentazioni Drenanti e Permeabili
- Canali Inerbiti (Vegetative Swales)



Pavimentazione Drenante

Trattamento delle acque di scolo dalle aree urbanizzate

- Bacini di Infiltrazione (Dry Ponds)
- Canali Infiltranti (Infiltration Planters)
- Bacini di raccolta non permanenti

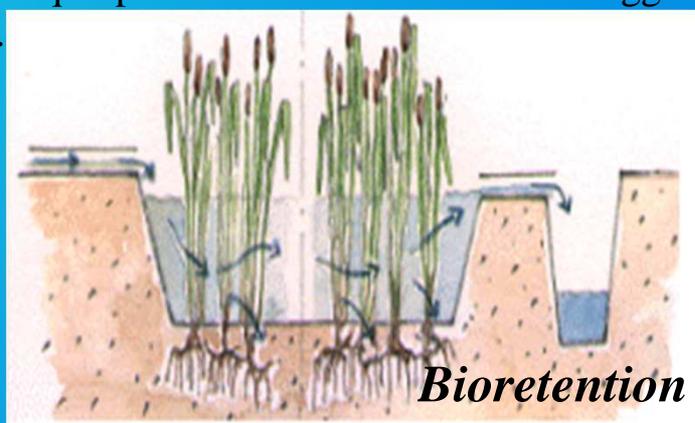


Dry Pond

➤ Sistemi vegetati: Fitodepurazione

I sistemi di fitodepurazione sfruttano la *bioretention*, cioè la capacità di alcune piante di assorbire gli inquinanti dall'acqua, depurandola. Essi cercano di emulare il sistema naturale di depurazione e laminazione delle acque, attraverso tecniche che non richiedano energia e non siano impattanti. Tali sistemi scaricano nel suolo tutte le acque provenienti dalla rete di drenaggio, senza alcuna possibilità di selezione.

La fitodepurazione consiste in un trattamento operato da organismi vegetali che, tramite l'apparato radicale, assorbono gli elementi nutritivi (principalmente inorganici) presenti nell'acqua da depurare.



Bioretention

➤ Sistemi di Lagunaggio

La depurazione mediante lagunaggio sfrutta i meccanismi di sedimentazione, filtrazione, assorbimento, degradazione aerobica ed anaerobica delle sostanze inquinanti. Nei bacini è presente una grande varietà di organismi viventi: batteri, alghe, zooplancton, piante acquatiche, che garantiscono una buona efficienza depurativa. Tra questi sistemi troviamo gli **Stagni Permanenti (Wets Ponds)**.



Wet Pond

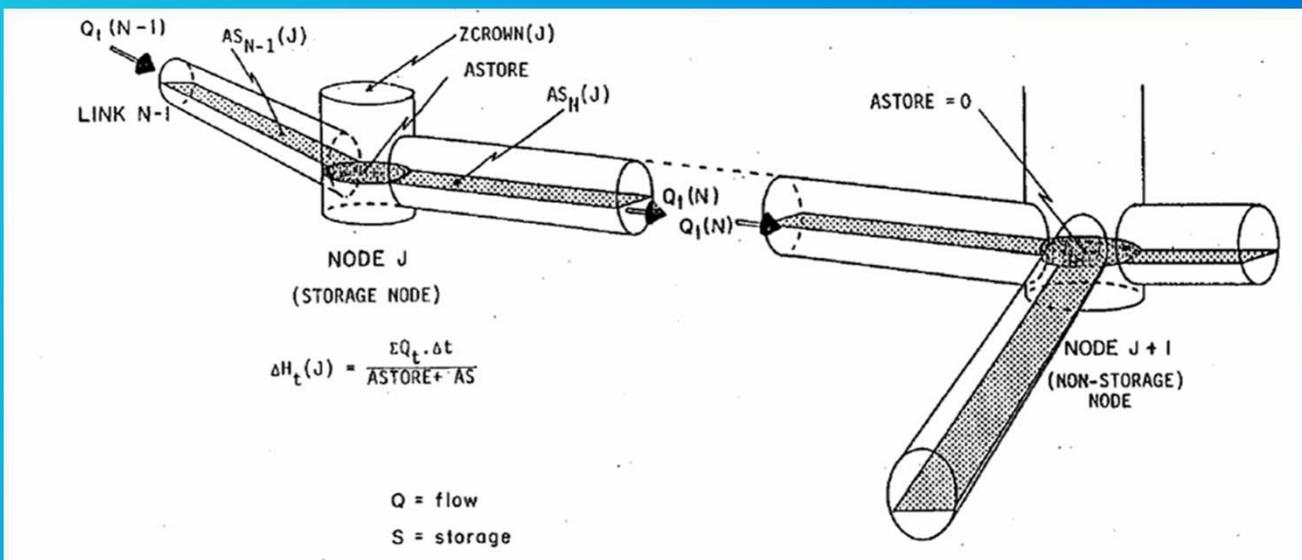
Storm Water Management

Model:SWMM 5.1

SWMM è il motore di calcolo che è stato impiegato per realizzare le applicazioni oggetto di studio. Esso è uno dei più potenti software di modellazione idraulica dei processi di trasformazione degli afflussi in deflussi, ed è in grado di:

- tracciare la propagazione della piena attraverso il computo delle portate e dei tiranti idrici lungo tutto il sistema di drenaggio, dal punto di origine al corpo idrico ricettore;
- fornire informazioni riguardo la propagazione degli inquinanti in tempo di pioggia, difatti è un modello di simulazione per l'analisi quali-quantitativa dei deflussi in area urbana;
- effettuare simulazioni su singoli eventi o di lungo periodo (*simulazione continua*);
- simulare il processo della precipitazione meteorica e degli inquinanti da essa trasportati, dalla superficie del bacino al complesso di canali e condotte che costituiscono un sistema di drenaggio urbano.

Modello concettuale dell'accumulo in SWMM



SWMM & LE BMPs

Ci sono 2 modi diversi per l'inserimento di un sistema LID (Low Impact Development) all'interno di SWMM 5.1:

- *Modificare un sottobacino esistente che inizialmente non prevedeva l'utilizzo delle tecniche LID;*
- *Creare un sottobacino nuovo dedicato alla pratica LID.*

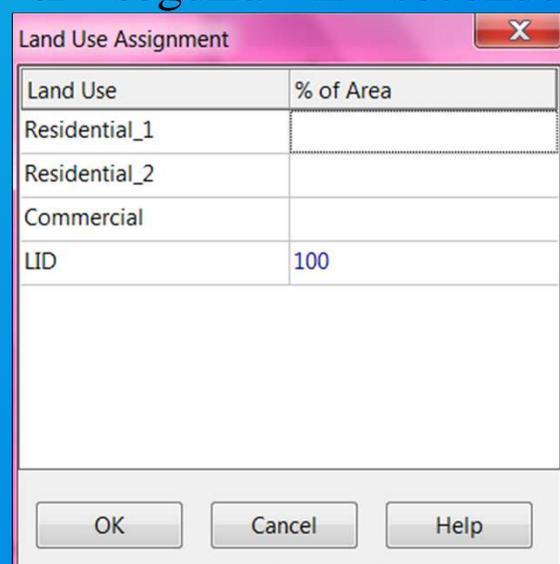
Nello specifico, SWMM 5.1 può modellare 7 tipi differenti di tecniche LID:

- **Bioretention Cell:** *Rain Garden* ed i *Green Roofs*;
- **Infiltration Trench:** *Drywell* o *French Drains*;
- **Continuous Porous Pavement,**
- **Rain Barrel;**
- **Vegetative Swale.**

Calibrazione del trattamento delle LIDs

Nelle applicazioni realizzate, si seguirà il secondo approccio menzionato: le LIDs saranno inserite come un nuovo tipo di uso del suolo, occupando il 100% del sottobacino in cui poste. Si presume, inoltre, che ognuna di esse possa fornire il 70% di rimozione dei TSS nel deflusso che le attraversa.

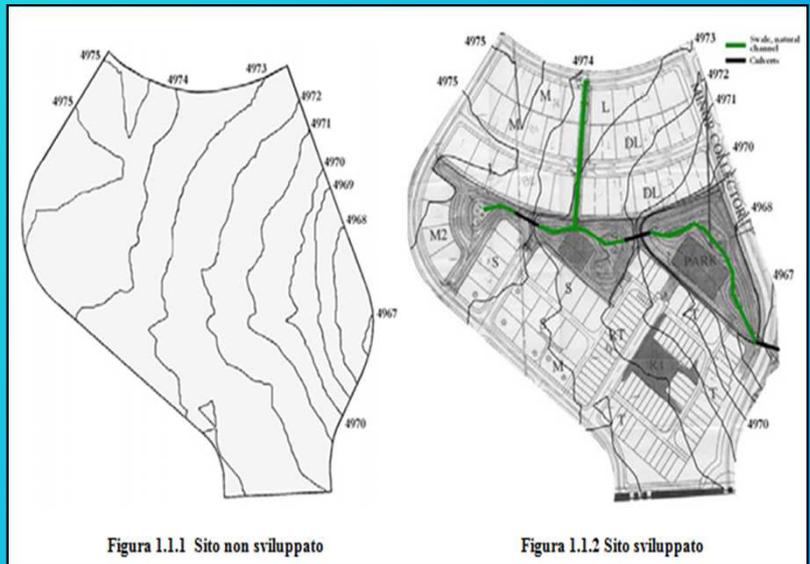
Di conseguenza, tutto il deflusso generato da sottobacini a monte di questi sottobacini "LID" mostreranno una rimozione del 70% di TSS.



Land Use	% of Area
Residential_1	
Residential_2	
Commercial	
LID	100

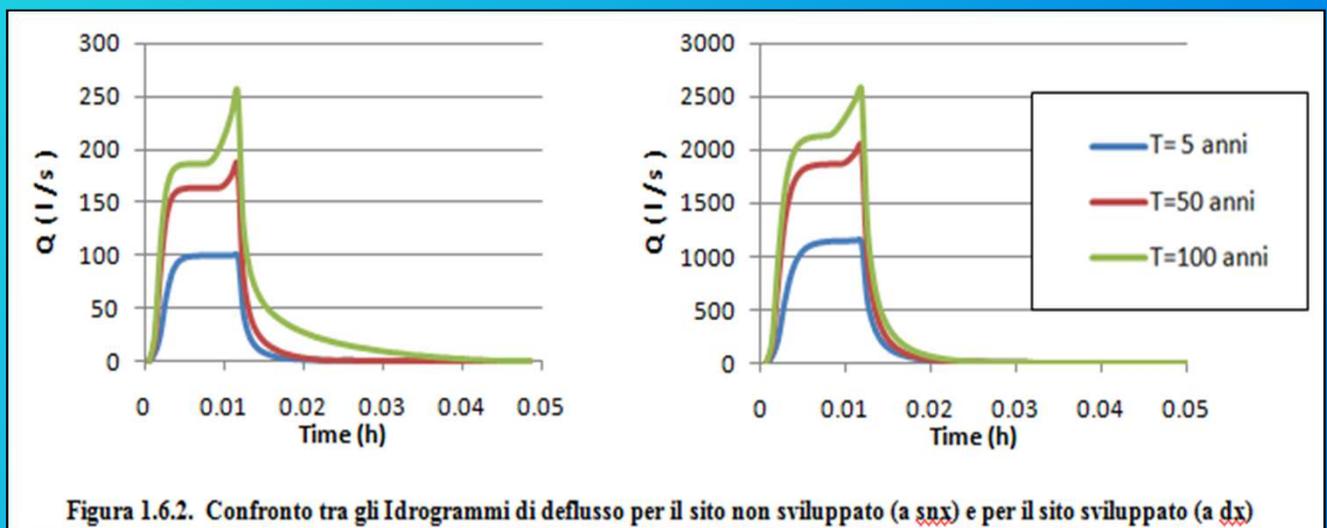
APPLICAZIONE 1: Il deflusso post-sviluppo

Le Fig.1.1.1 e 1.1.2 mostrano rispettivamente la mappa di un bacino naturale di 12 ha, e lo sviluppo residenziale previsto per esso. L'obiettivo è quello di stimare gli scarichi delle acque piovane all'uscita del bacino e confrontarle con quelli generati prima dell'urbanizzazione. Nel bacino urbanizzato ci sono elementi di canalizzazione,



quali canalette e depressioni erbose (*gutters* e *swales*) che conducono il deflusso all'uscita del sito. I dati delle precipitazioni sono costituiti da un evento di progetto della durata di 15 minuti, con periodi di ritorno di 5, 50 e 100 anni. L'evento è rappresentato da una serie temporale singola nel modello di SWMM, costituita dalle intensità di pioggia registrate in un intervallo di tempo di 1 minuto.

RISULTATI DEL MODELLO

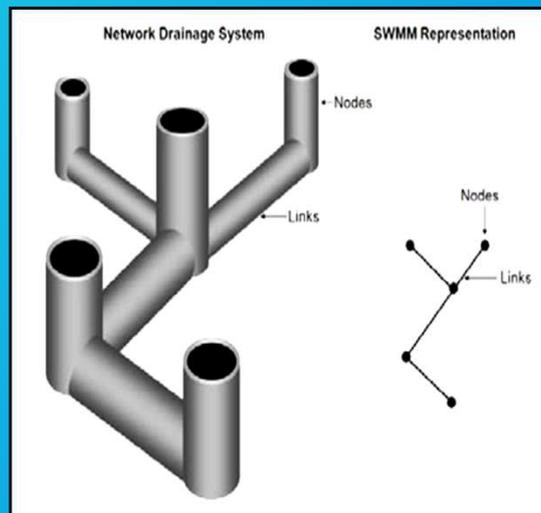


Gli idrogrammi del post-sviluppo mostrano un più rapido declino quando la pioggia cessa (nel grafico a dx le curve si sovrappongono quasi perfettamente subito dopo il picco) rispetto al caso di pre-sviluppo. Questo comportamento può essere attribuito alla maggiore impermeabilità che si ha nella condizione di post-sviluppo. In particolare i deflussi di picco sono circa 10 volte maggiori rispetto a quelli ottenuti nelle condizioni di pre-sviluppo.

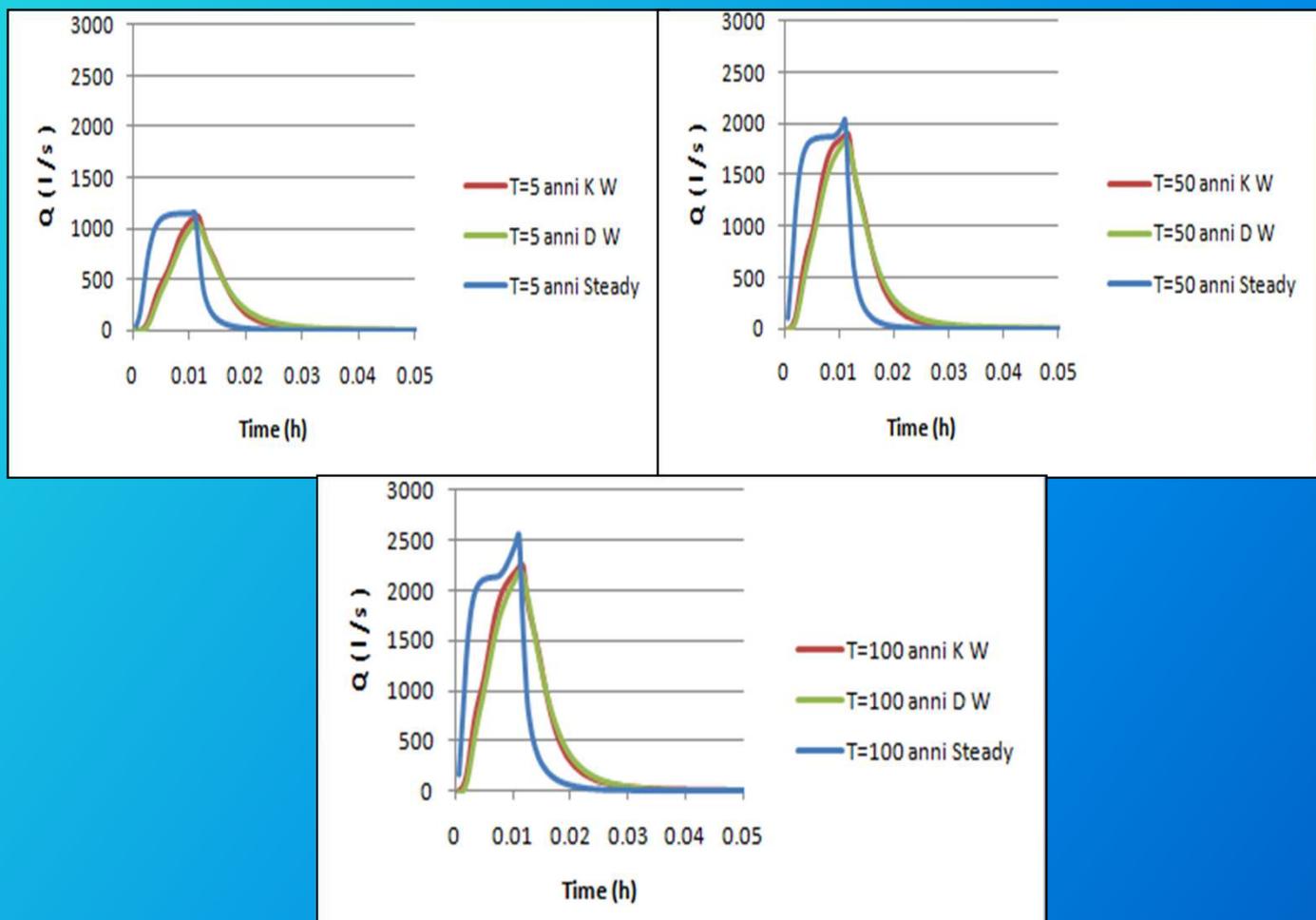
APPLICAZIONE 2:

Superficie Idraulica Drenante

In precedenza è stato studiato il deflusso delle acque piovane, senza considerarne il percorso idraulico. L'applicazione 2 illustrerà la modellazione di un sistema di drenaggio superficiale costituito da una rete di convogliamento idraulica, che verrà aggiunta al modello di post-sviluppo dell'Applicazione 1. Essa sarà rappresentata come un insieme di nodi collegati da una serie di connessioni. Il deflusso verrà dunque reindirizzato attraverso questo sistema, utilizzando i tre metodi alternativi di propagazione idraulica disponibili in SWMM: *Steady Flow*, *Kinematic Wave* e *Dynamic Wave*. La propagazione idraulica è il processo che unisce tutti gli afflussi entranti a monte di ogni condotto, in una rete di trasporto verso valle, in ogni istante di tempo.

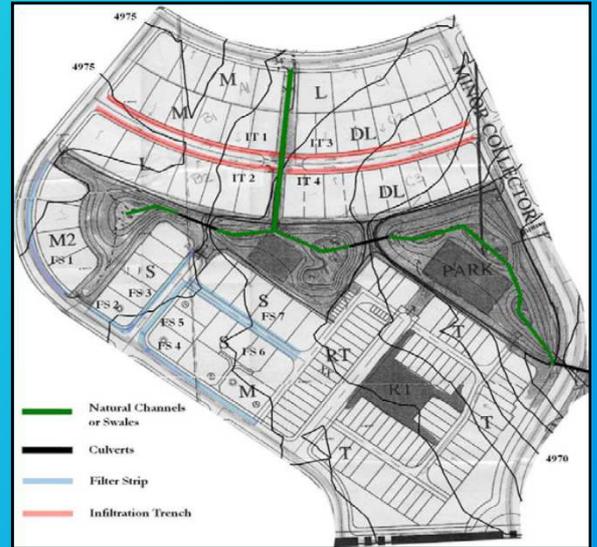


RISULTATI DEL MODELLO

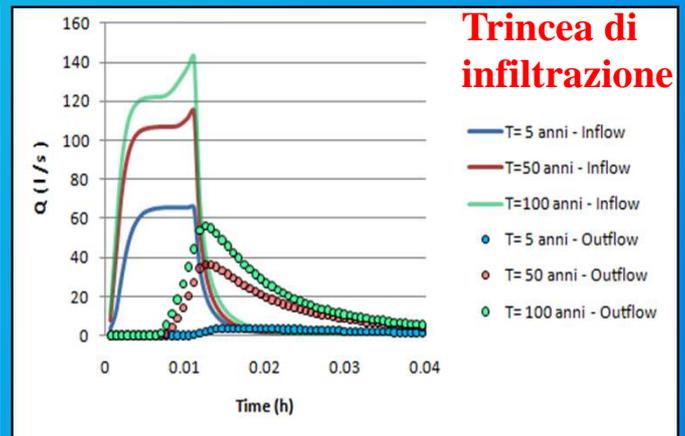
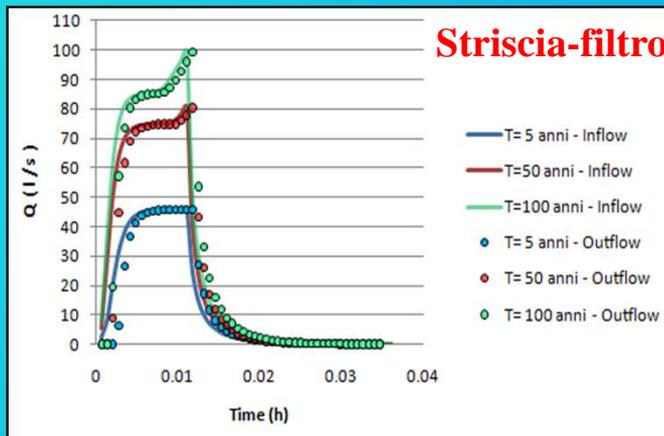


APPLICAZIONE 3: Low Impact Development

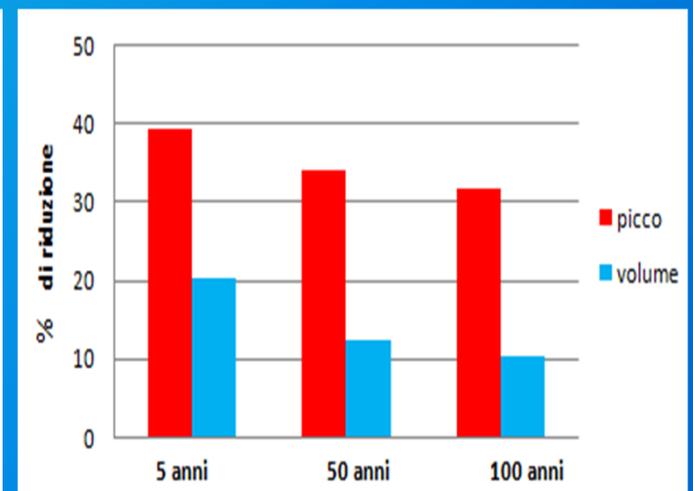
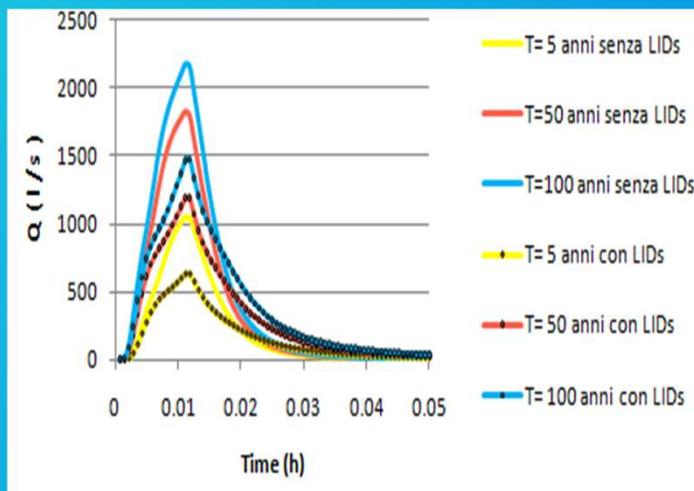
Vengono ora inserite delle LIDs (Trincee di infiltrazione e Strisce-filtro) nel bacino studiato, sulla base di un tool di SWMM. Grazie a questa, è possibile individuare la disposizione che ottimizza le prestazioni delle LIDs applicate.



RISULTATI DEL MODELLO



In basso sono riportati gli scarichi allo scarico del sito, con e senza LIDs, e inoltre le riduzioni percentuali dei volumi in uscita e dei picchi del deflusso.



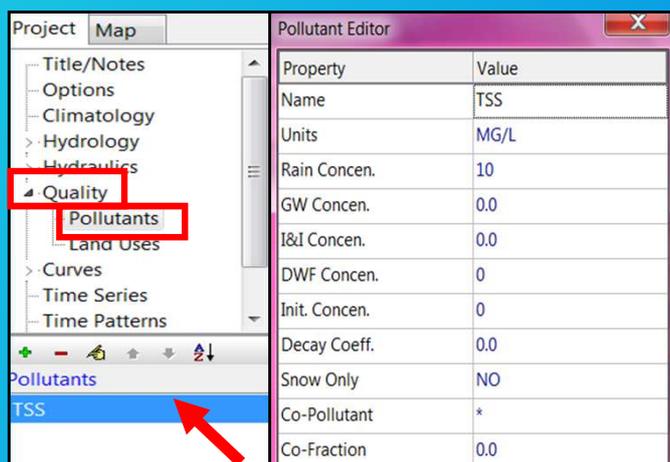
APPLICAZIONE 4:

Qualità e quantità del deflusso

La normativa attualmente in vigore nella Regione Lombardia (R.R. 24 Marzo 2006 n.4) definisce “**acque di prima pioggia**” quelle “corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull’intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta acque meteoriche” in un intervallo di tempo di 15 minuti.

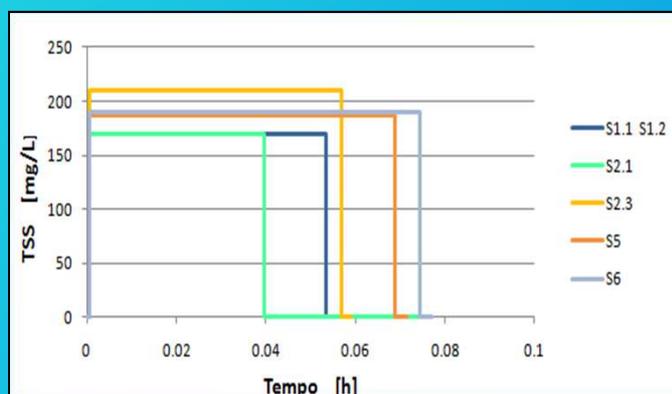
Si procederà alla modellazione della fase di:

- accumulo (*buildup*);
- dilavamento (*washoff*);
- propagazione (*routing*) dei flussi per determinare la qualità delle Acque rilasciate all'uscita del bacino in condizioni di post-sviluppo.



RISULTATI DEL MODELLO

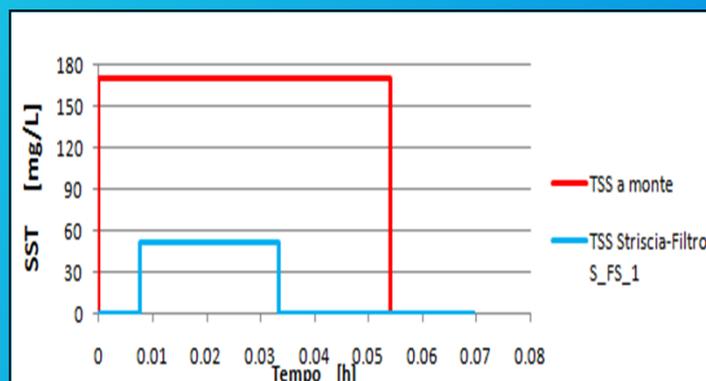
- **Modello di dilavamento EMC**



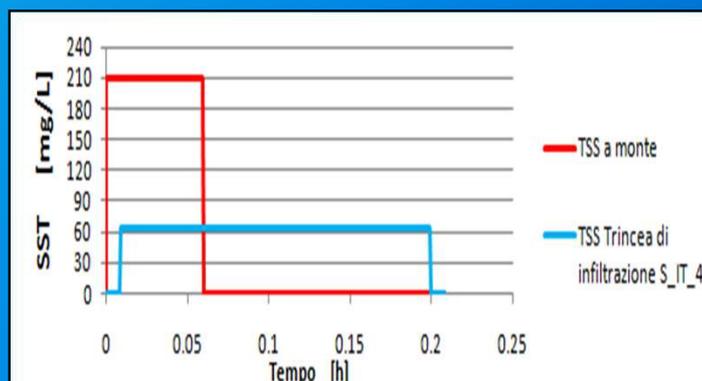
Opzioni di analisi:

- Periodo di simulazione: 12 ore
- Giorni antecedenti di tempo asciutto: 5
- Modello di propagazione: Onda Dinamica
- Passi temporali della propagazione: 15 secondi
- Passi temporali del tempo di pioggia: 1 minuto
- Passi temporali del tempo asciutto: 1 ore
- Passo temporale di segnalazione: 1 minuto

- **Risultati del confronto con e senza LIDs**

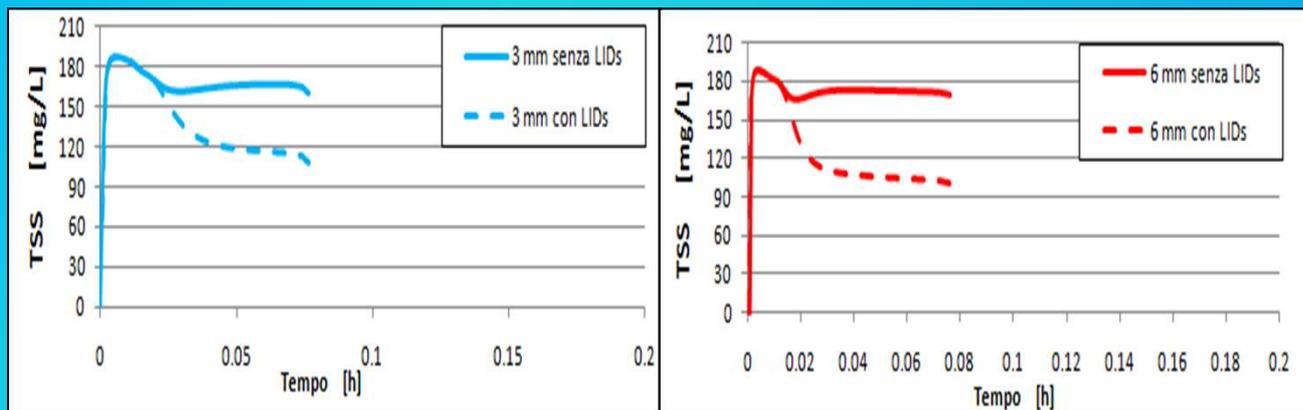


Carico di TSS Striscia-filtro S_FS_1, hpioggia=3 mm

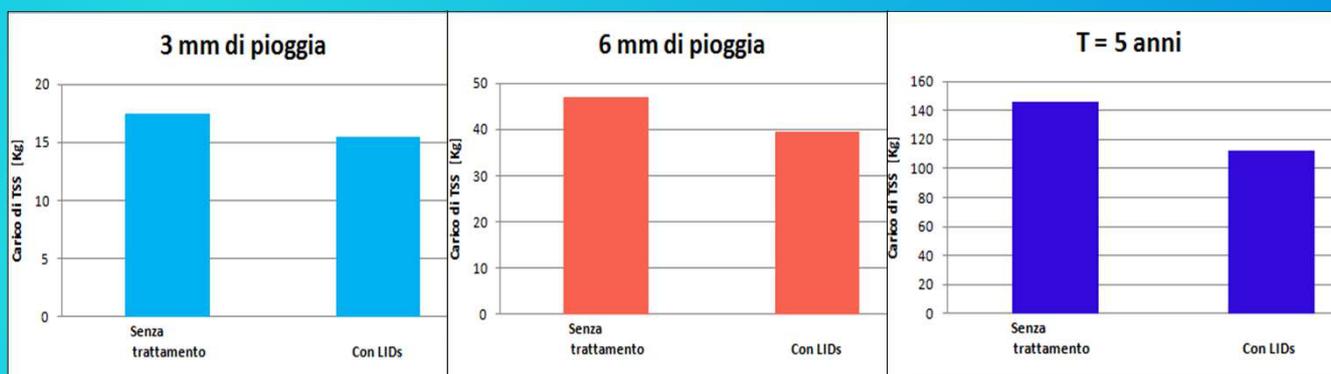


Carico di TSS Trincea di infiltrazione S_IT_4, precipitazione di 15 min a T=5 anni

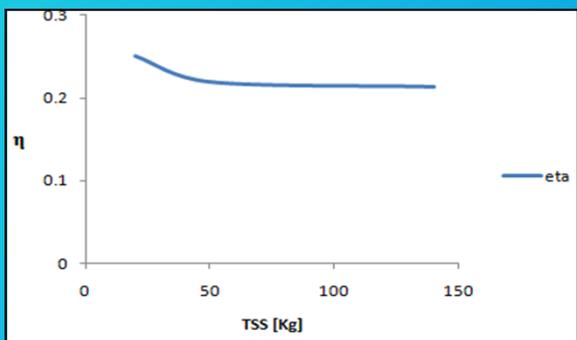
• **Pollutogramma simulato allo scarico del bacino**



• **Carico dei TSS allo scarico del sito**

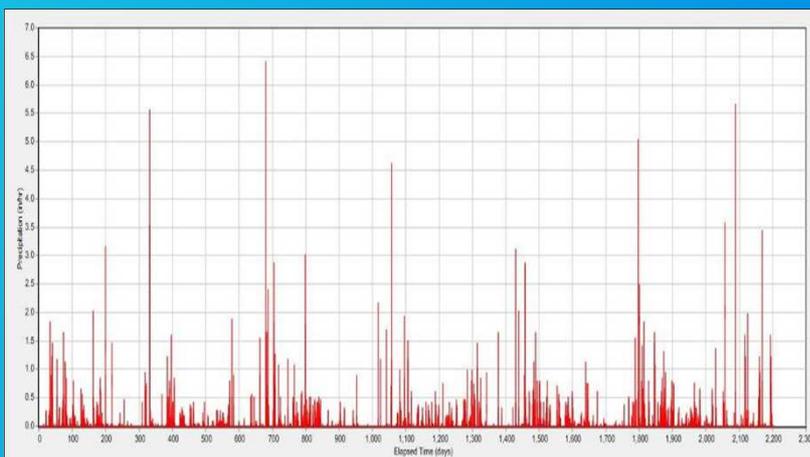


• **Indicatore di prestazioni per le precipitazioni singole di progetto**



$$\eta = 1 - \frac{\text{Massa}_{LIDs}}{\text{Massa tot}}$$

• **Simulazione continua**



Carichi di TSS allo scarico del sito

Sito	TSS [Kg]
In assenza di LIDs	45'000
In presenza di LIDs	33'900

$$\eta = 1 - \frac{33'900}{45'000} = 24.7 \%$$

CONCLUSIONI

- ❖ Risulta importante agire con **interventi naturali e artificiali** per poter limitare i danni provocati dall'impermeabilizzazione, causata da un'eccessiva opera di urbanizzazione;
- ❖ Le BMPs (Best Management Practices) sono tecniche utilizzate per il **controllo delle acque meteoriche** tramite tecnologie a basso impatto, che sfruttano le risorse naturali e locali e mirano al mantenimento del regime idrico presente prima dell'urbanizzazione;
- ❖ Le BMPs sono definite come strategie o tecniche pratiche per la rimozione, riduzione, il ritardo o alla prevenzione alle quantità di inquinanti che contaminano le acque di dilavamento, prima che raggiungano i corpi ricettori;
- ❖ Le BMPs comportano la variazione degli idrogrammi di piena e dei volumi allo scarico, mediante lo sfruttamento degli accumuli d'acqua in aree umide, così da innescare perdite idrologiche dovute ad infiltrazione ed ad evapotraspirazione per assicurare i principi dell'**invarianza idraulica** e del **risparmio idrico** su scala urbanistica;
- ❖ Il motore di calcolo SWMM è in grado di definire la **qualità** e la **quantità** del deflusso delle acque piovane in un bacino urbano, sia in presenza, che in assenza di LIDs (schematizzate come sottobacini a sé stanti con una percentuale di rimozione costante);
- ❖ Tra i sistemi ad infiltrazione, le **trincee di infiltrazione** sono più efficaci delle **strisce-filtro** nel ridurre i volumi di deflusso e i picchi, tuttavia le strisce-filtro comportano un notevole beneficio dal punto di vista qualitativo;
- ❖ Le BMPs rispondono in maniera efficace dinnanzi a eventi che si susseguono nel tempo;
- ❖ Le BMPs, oltre a garantire una certa efficienza tecnica, risultano in completa armonia con **il rispetto dell'ambiente**;
- ❖ Risulta necessaria, infine, un'attenta **analisi costi-benefici** considerando i costi di costruzione, di gestione e manutenzione delle BMPs. Occorre difatti, predisporre un idoneo **piano manutentivo** per assicurarne il corretto funzionamento.