

LE INFRASTRUTTURE VERDI NELLA GESTIONE DEI DEFLUSSI URBANI

Prof. **Anna Palla** e Prof. Ilaria Gnecco
Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica ed Ambientale
Università di Genova



Interreg



UNION EUROPEENNE
UNIONE EUROPEA

ReS EAU

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

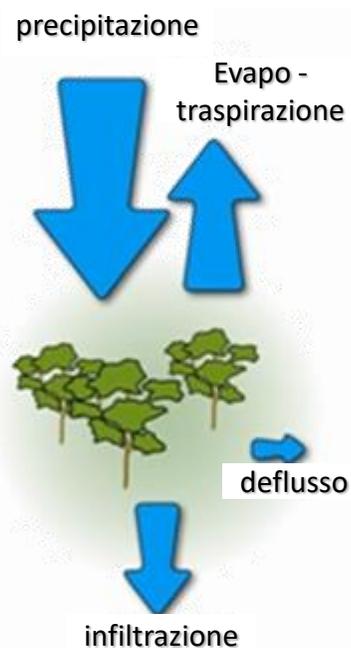
Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Indice della presentazione

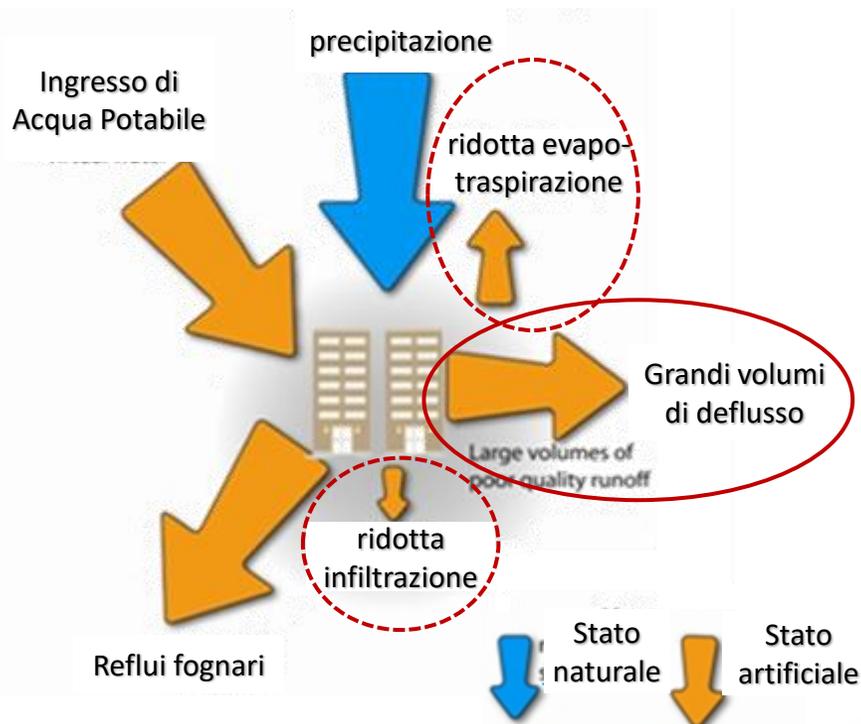
- Le infrastrutture verdi
- La gestione dei deflussi
- Soluzioni tecniche costruttive
- Alcuni riferimenti per la progettazione
- L'impatto delle infrastrutture verdi: a scala del singolo intervento
- L'impatto delle infrastrutture verdi: a scala di bacino urbano
- Conclusioni
- Riferimenti bibliografici

IL CICLO IDROLOGICO URBANO (I)

Ciclo idrologico naturale



Ciclo idrologico convenzionale
in area urbana

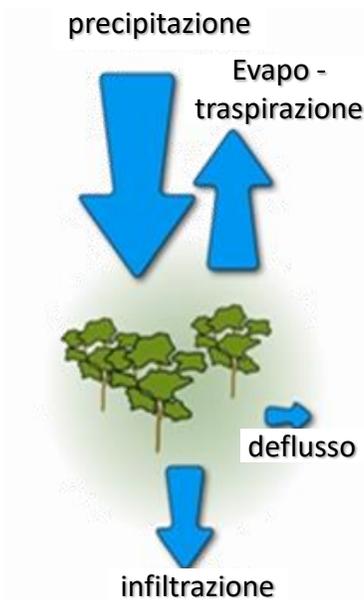


→ **La pericolosità idraulica cresce con l'aumentare dell'urbanizzazione**

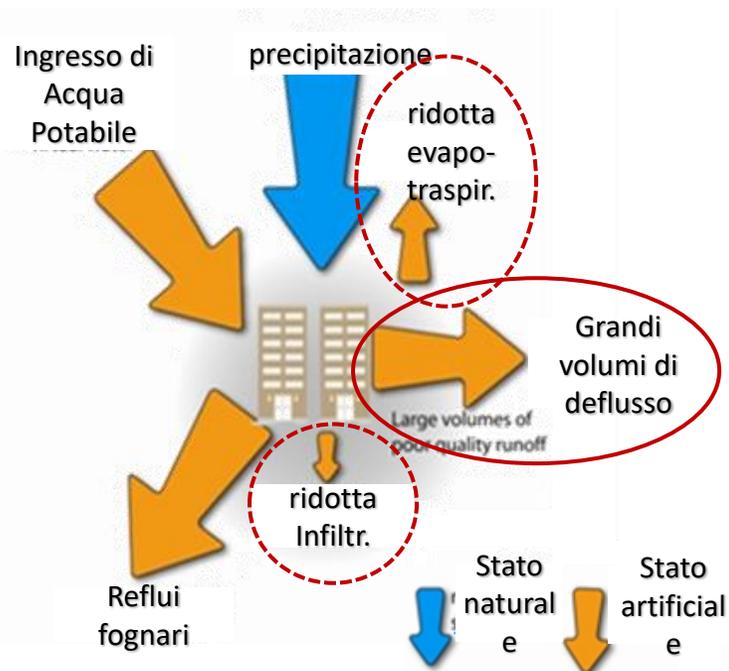
- ✓ il contributo al deflusso superficiale aumenta
- ✓ l'infiltrazione in aree permeabili così come l'evapotraspirazione (principalmente nelle aree verdi) si riduce

IL CICLO IDROLOGICO URBANO (II)

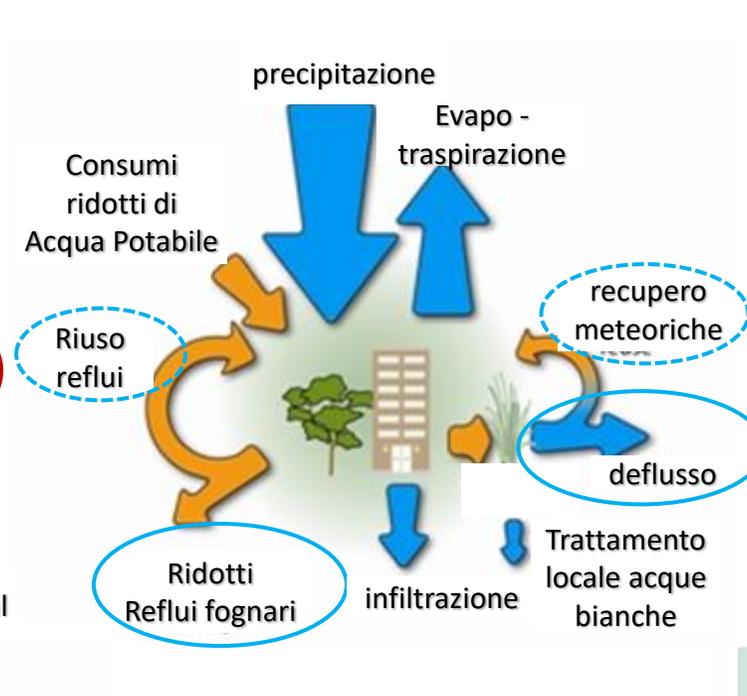
Ciclo idrologico naturale



Ciclo idrologico convenzionale in area urbana



Ciclo idrologico SOSTENIBILE



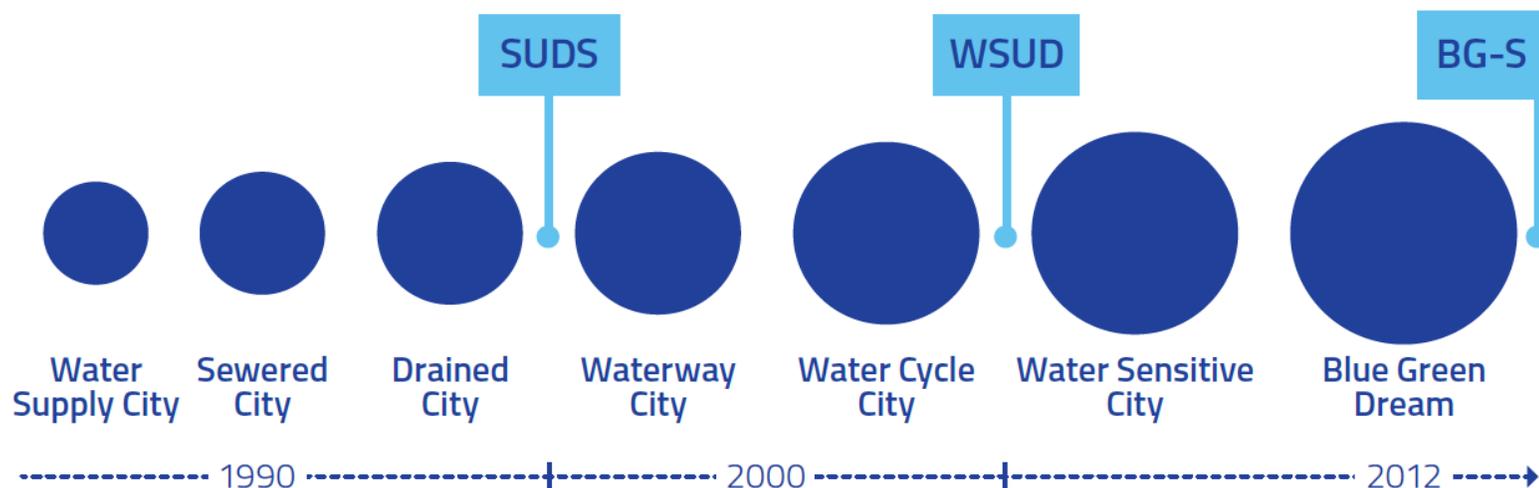
→ I sistemi di drenaggio urbano sostenibile consentono di ripristinare i processi del ciclo idrologico naturale e di minimizzare l'impatto dell'urbanizzazione

Verso strategie INNOVATIVE

Una “green street” include una molteplicità di soluzioni innovative per la gestione ed il controllo alla sorgente dei deflussi meteorici urbani contemporaneamente fornendo una vasta serie di ulteriori benefici alla comunità locale che contribuiscono al raggiungimento della resilienza alle inondazioni in ambito urbano.



L'evoluzione dei SISTEMI di DRENAGGIO URBANO



Source: The BGDGuide

Approccio tradizionale (conveyance)

Raccolta, rapido allontanamento e smaltimento
 Caditoie → Tubazioni → Scarichi

Approccio sostenibile (local management)

Controllo della formazione del deflusso superficiale
 Sistemi di infiltrazione e sub-dispersione

Approccio conservativo (storage)

Convogliamento e temporaneo immagazzinamento
 Vasche di laminazione e di prima pioggia

Approccio «Water-sensitive»

Approccio olistico
 Applicazione alle macro-scale

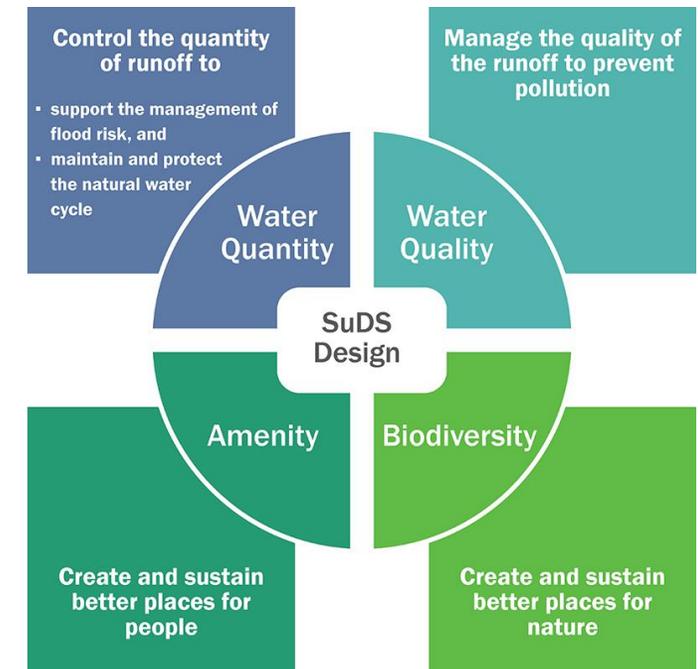
“SuDS sono progettati per massimizzare le opportunità ed i benefici che noi possiamo ottenere dalla gestione dei deflussi”.

SUDS, LIDS, NBS...

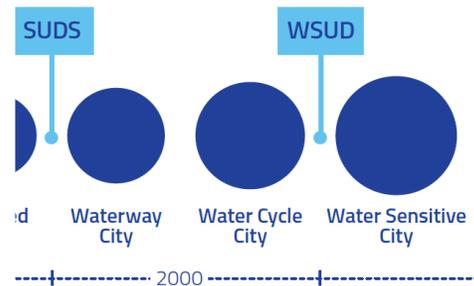
SISTEMI di DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE - SUDS

- Sviluppare sistemi di drenaggio che prevengano allagamenti locali
- Progettare sistemi di collettamento capaci di prevenire il degrado o l'inquinamento del bacino contribuente, del suolo, del sottosuolo e dei ricettori che raccolgono gli scarichi del sistema di raccolta delle acque reflue e meteoriche
- Minimizzare l'utilizzo e l'alterazione delle risorse naturali e prevedere un inserimento delle strutture finalizzato alla valorizzazione del paesaggio e alle aspettative della comunità residente
- Mantenere un adeguato fattore di sicurezza nei confronti dell'igiene ambientale e della salute pubblica

CIRIA C753 *The SuDS Manual 2015*



WATER SENSITIVE URBAN DESIGN (WSUD)

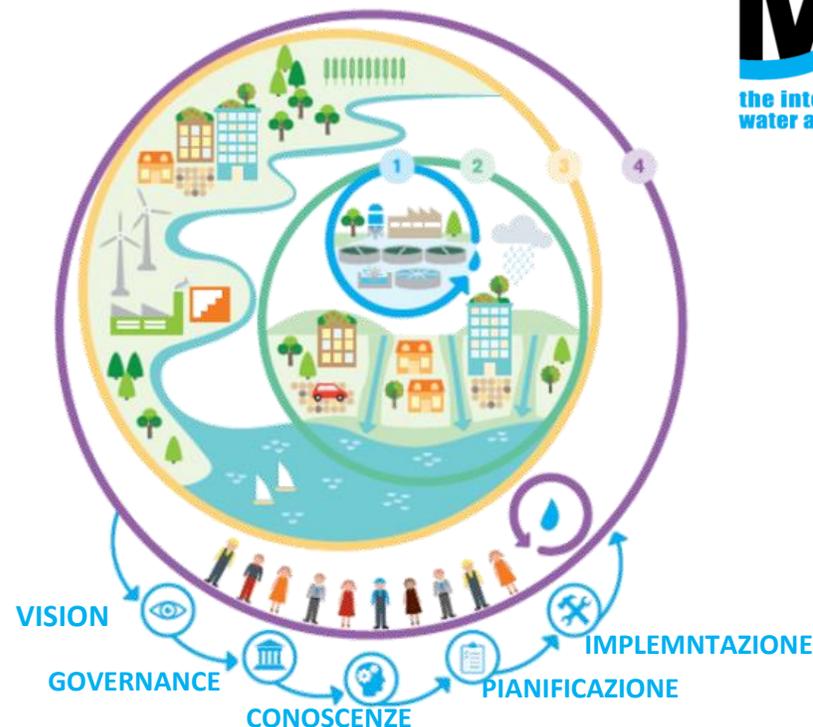


- ✓ Preservare le risorse idriche naturali all'interno delle aree urbane;
- ✓ Migliorare la qualità degli scarichi antropici; Ripristinare il ciclo naturale dell'acqua massimizzando la raccolta dell'acqua piovana e il riutilizzo delle acque reflue;
- ✓ Preservare le risorse idriche di alta qualità;
- ✓ Promuovere la gestione e il trattamento delle acque meteoriche di dilavamento nella pianificazione urbana;
- ✓ Ridurre la portata di picco del deflusso promuovendo l'infiltrazione e la ricarica delle falde acquifere;
- ✓ Integrare l'acqua nella pianificazione urbana per promuovere il valore sociale, culturale ed ecologico delle risorse idriche.

WATER WISE CITY (I)

Quale direzione prendere per costruire città «WATER-WISE»
 (città che valorizzano sapientemente la risorsa idrica) ?

- ✓ Trovare soluzioni alle sfide attuali per la *gestione dell'acqua* in contest urbano;
- ✓ Implementare strategie di gestione rivolte alla *resilienza ed alla sostenibilità* dell'ambiente urbano



1 Regenerative Water Services

- Replenish Waterbodies and their Ecosystems
- Reduce the Amount of Water and Energy Used
- Reuse and Use Diverse Sources of Water
- Apply a Systems Approach for Integration with Other Services
- Increase the Modularity of Systems for Multiple Options

2 Water Sensitive Urban Design

- Enable Regenerative Water Services
- Design Urban Space to Reduce Flood Risk
- Enhance Livability with Visible Water
- Modify and Adapt Urban Materials to Minimise Environmental Impact

3 Basin Connected Cities

- Secure Water Resources and Plan for Drought Mitigation
- Protect the Quality of Water Resources
- Plan for Extreme Events

4 Water Wise Communities

- Empowered Citizens
- Incentivized Professionals
- Transdisciplinary Planning Teams
- Progressive Policy Makers
- Leaders that Engage and Engender Trust

WATER WISE CITY (II)

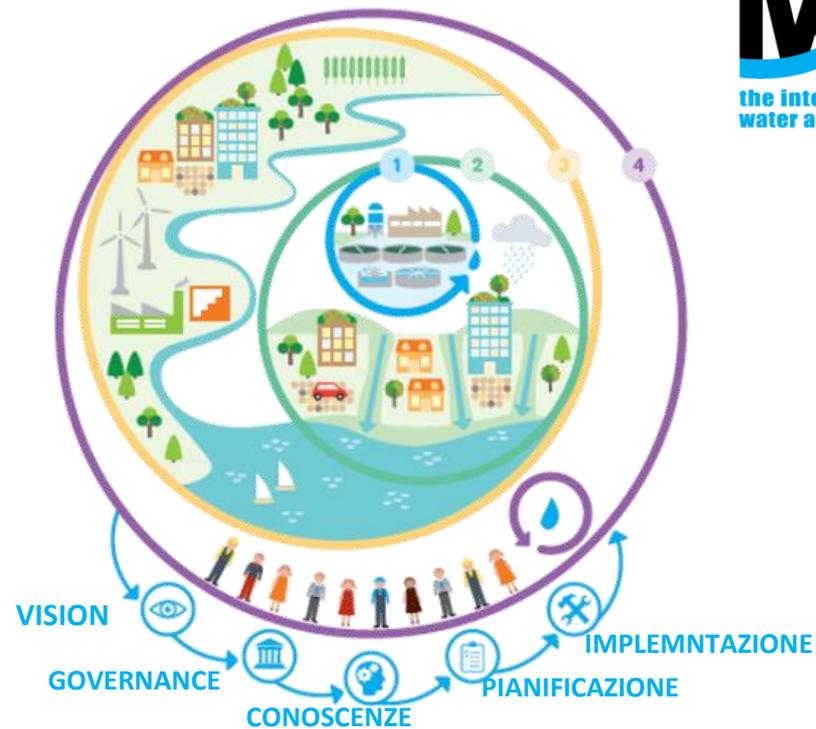
→ Il percorso prevede:

✓ 5 atti rivolti alla gestione sostenibile della risorsa idrica:

Vision, Governance, Conoscenze, Pianificazione, Implementazione;

✓ 4 livelli di azioni:

1. Servizi Idrici rigenerativi; **3. Bacini Connessi;**
2 Progettazione sostenibile; **4. Comunità sapienti**



1 Regenerative Water Services

- Replenish Waterbodies and their Ecosystems
- Reduce the Amount of Water and Energy Used
- Reuse and Use Diverse Sources of Water
- Apply a Systems Approach for Integration with Other Services
- Increase the Modularity of Systems for Multiple Options

2 Water Sensitive Urban Design

- Enable Regenerative Water Services
- Design Urban Space to Reduce Flood Risk
- Enhance Livability with Visible Water
- Modify and Adapt Urban Materials to Minimise Environmental Impact

3 Basin Connected Cities

- Secure Water Resources and Plan for Drought Mitigation
- Protect the Quality of Water Resources
- Plan for Extreme Events

4 Water Wise Communities

- Empowered Citizens
- Incentivized Professionals
- Transdisciplinary Planning Teams
- Progressive Policy Makers
- Leaders that Engage and Engender Trust

WATER WISE CITY (III)

Muoversi verso un ambiente urbano **«WATER-WISE»** è un importante traguardo da raggiungere...



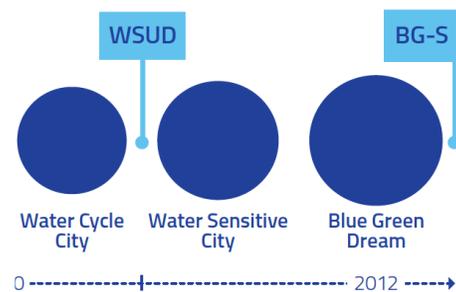
→ Tra gli obiettivi per uno sviluppo sostenibile (*SDG*) recentemente divulgati nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, ne troviamo due (**SDG6** e **SDG11**) che potrebbero essere conseguiti secondo l'approccio *water-wise*

→ **SDG6 « Assicurare a tutti la disponibilità ed una gestione sostenibile della risorsa idrica e dei sistemi di trattamento»**

→ **SDG11 «Rendere le città e gli insediamenti degli ambienti socialmente inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili»**



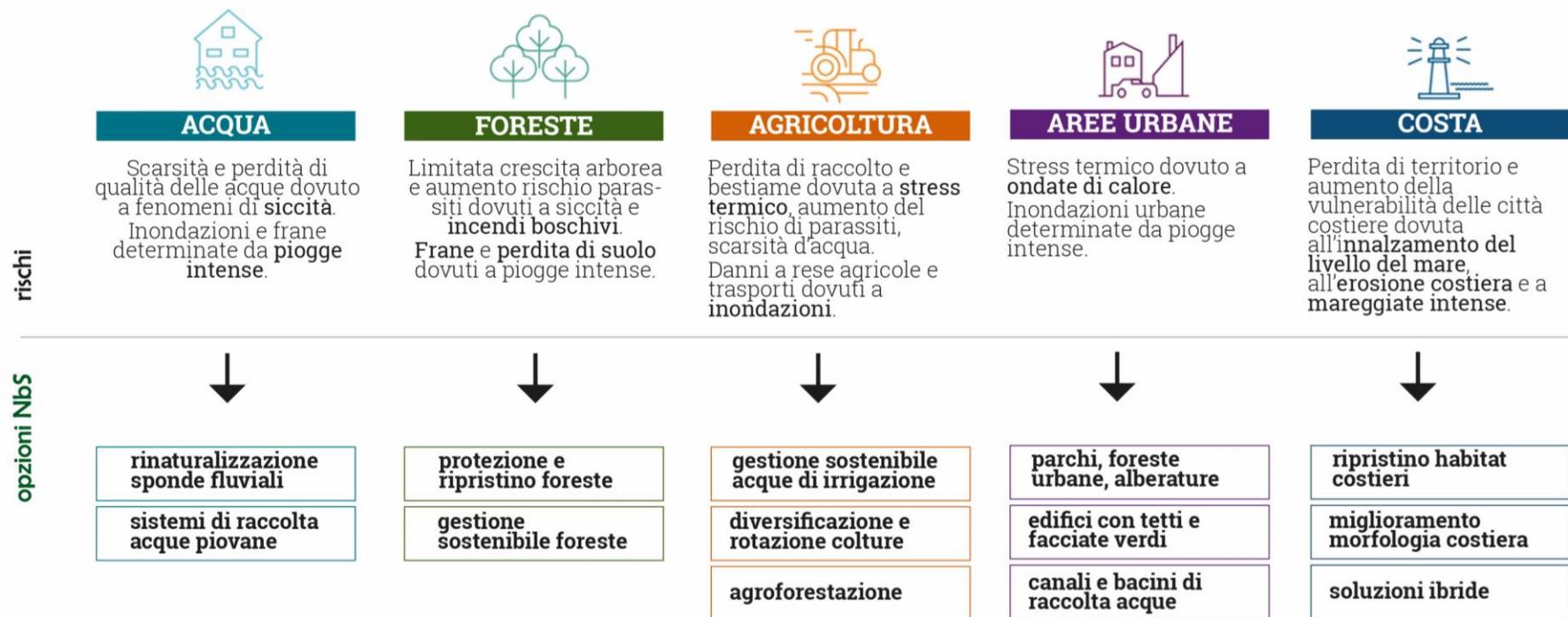
BLUE GREEN DREAM (BG-S)



- ✓ Un quadro sistematico e quantitativo per l'utilizzo dell'intera gamma di servizi ecosistemici forniti dalle Nature Base Solutions (NBS);
- ✓ Fornire un mezzo per mitigare non solo i problemi legati all'acqua, ma anche la pressione dello sviluppo urbano;
- ✓ Metodologia di pianificazione olistica e integrata con un ampio gruppo di stakeholder;
- ✓ Modellare, quantificare e ottimizzare le potenziali sinergie tra le NBS e la componente urbana per ottenere costi del ciclo di vita inferiori e massimizzare i benefici.

NBS

Nature-based Solutions sono soluzioni ispirate e sostenute dalla natura che forniscono simultaneamente benefici ambientali, sociali ed economici (Commissione Europea).



NBS e SERVIZI ECOSISTEMICI

Le Nature-based Solutions erogano un ampio spettro di **Servizi Ecosistemici**.

Il Millennium Ecosystem Assessment (2003) definisce servizi ecosistemici i *benefici* che le persone ottengono dagli ecosistemi e ne individua quattro categorie: servizi di approvvigionamento, servizi di regolazione, servizi culturali (i quali hanno un impatto diretto) e servizi di supporto alla vita (necessari al mantenimento degli altri servizi).

SERVIZI DI APPROVVIGIONAMENTO

Produzione di cibo, acqua dolce, legname, fibre, principi biochimici, risorse genetiche.

SERVIZI DI REGOLAZIONE

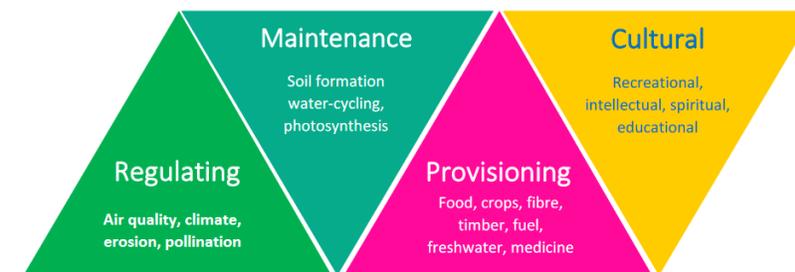
Regolazione del clima, delle risorse idriche e delle malattie; mantenimento della qualità dell'aria e purificazione delle acque; pollinazione; controllo delle erosioni.

SERVIZI CULTURALI

Diversità culturale; valori spirituali e religiosi, estetici, educativi; relazioni sociali; senso dei luoghi e patrimonio culturale.

SERVIZI DI SUPPORTO ALLA VITA

Formazione del suolo; ciclo dei nutrienti; fotosintesi.

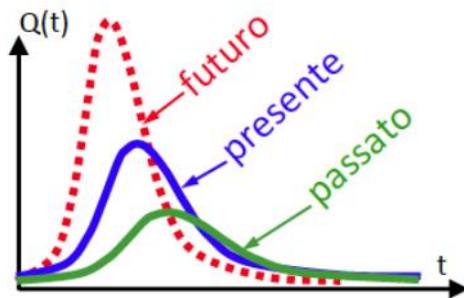


Source: EWA's Diagram of Ecosystem service

NBS e GESTIONE DEI DEFLUSSI METEORICI

Tecnicamente si progettano soluzioni che favoriscano

- ✓ **l'invarianza idraulica**, ovvero soluzioni per evitare un aggravio della portata di piena del corpo idrico rispetto alla situazione attuale
- ✓ e possibilmente garantiscano **l'invarianza idrologica**, ovvero l'invarianza del volume di piena



LA GESTIONE DEI DEFLUSSI

Soluzioni tradizionali

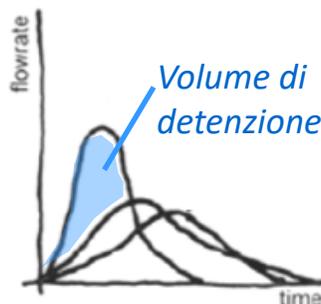
Azione di controllo

CONVOGLIAMENTO

Soluzioni per l'invarianza idraulica

Azione di controllo

DETENZIONE



Processi
idrologici/chimici/biologici

→ **Immagazzinamento
temporaneo; filtrazione
(eventuale) e lento rilascio**



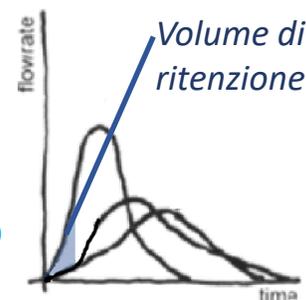
Effetti nella gestione dei deflussi

- Attenuazione del picco;
- Ritardo nel conferimento.

Soluzioni per l'invarianza idrologica

Azione di controllo

RITENZIONE



Processi
idrologici/chimici/biologici

→ **Immagazzinamento;
infiltrazione nel suolo,
filtrazione, trattamento e
lenta dispersione in atmosfera**

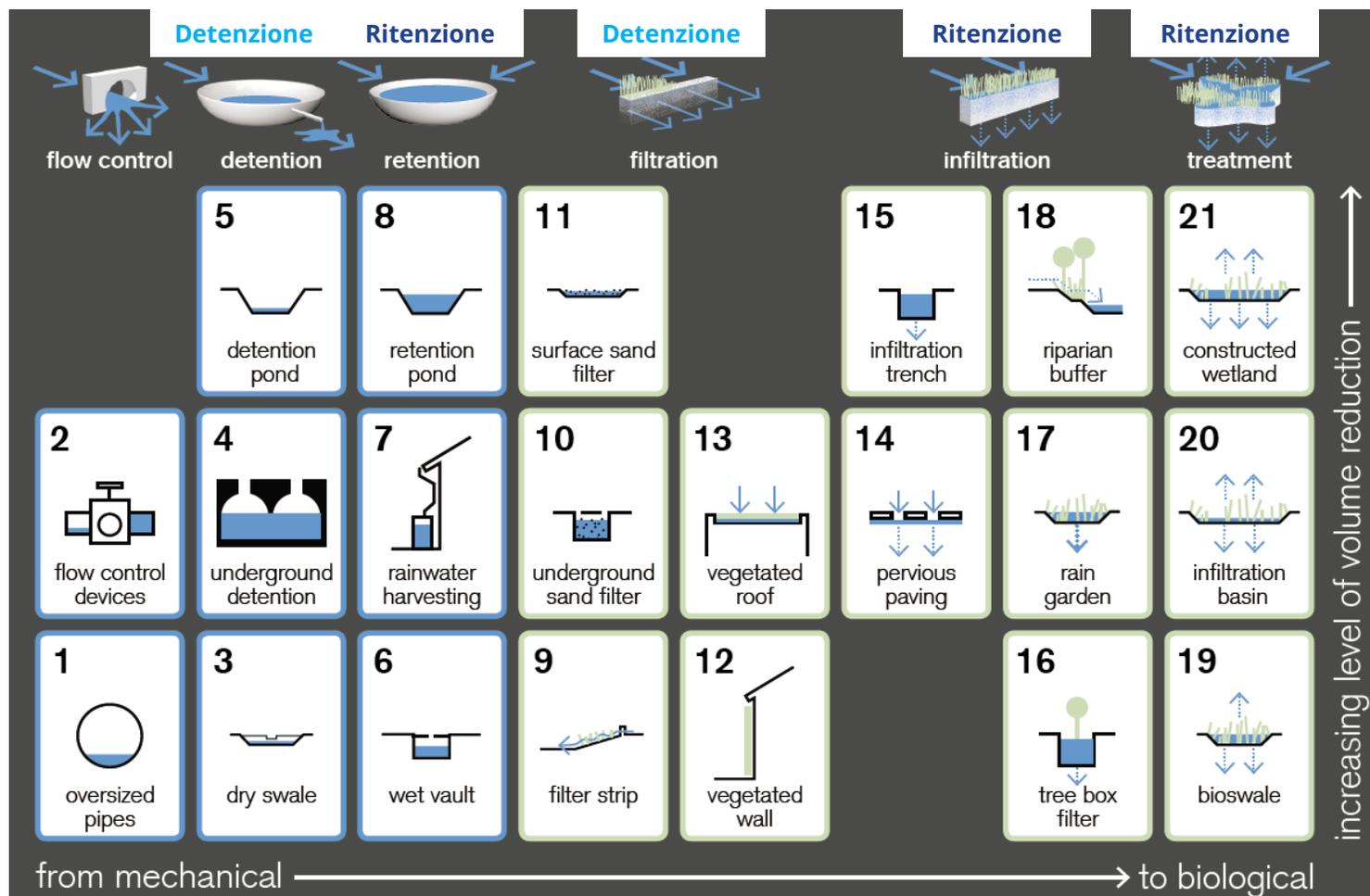


Effetti nella gestione dei deflussi

- Riduzione del volume di scorrimento superficiale.

SOLUZIONI TECNICHE PER LA GESTIONE dei DEFLUSSI URBANI

Dalle soluzioni « GRIGIE » A QUELLE VERDI



Source: LID a design manual for urban areas, Huber, 2011

Infrastrutture Grigie

Soluzioni basate sulla natura

coperture a verde, verde verticale...

Pavimentazioni permeabili, trincee di infiltrazione, aree di bioritenzione...

ALTRI BENEFICI AMBIENTALI

* Quali sono i benefici ambientali delle superfici a verde?

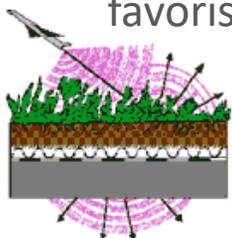
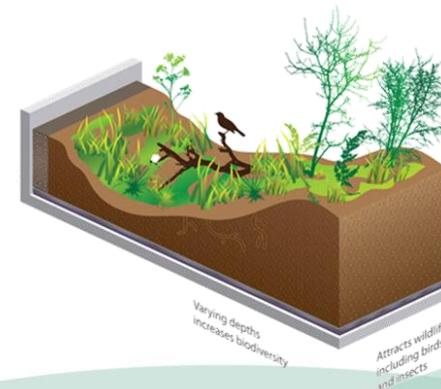


→ **Ripristino del ciclo idrologico naturale:** contribuisce al controllo della generazione dei deflussi superficiali (ripristino parziale dei processi di infiltrazione ed evapotraspirazione).

→ **Riduzione isola di calore urbana:** la presenza di vegetazione in aree densamente urbanizzate contribuisce a ridurre le temperature dell'ambiente circostante (evapotraspirazione).

→ **Conservazione della biodiversità:** mitiga l'impatto antropico sulla perdita della biodiversità contribuendo a ripristinare superfici a disposizione di flora e fauna .

→ **Riduzione inquinamento dell'aria:** la vegetazione (fotosintesi) contribuisce alla riduzione dell'anidride carbonica e dei nitrati in atmosfera (effetto serra). Il raffreddamento favorisce il deposito delle polveri sottili.



→ **Riduzione inquinamento acustico:** abbatte i rumori da sorvolo .

→ **Riduzione consumi energetici:** riduzione dei costi di raffreddamento dell'edificio.

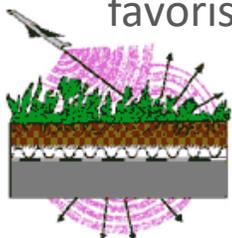
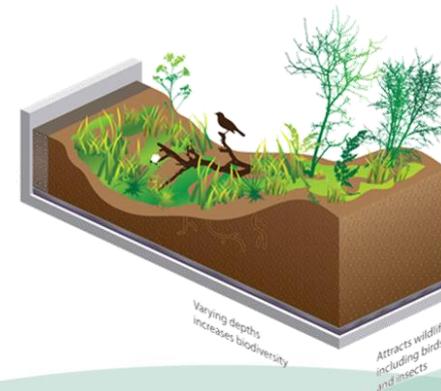
ALTRI BENEFICI AMBIENTALI

Quali sono i benefici ambientali delle superfici a verde?



- **Ripristino del ciclo idrologico naturale:** contribuisce al controllo della generazione dei deflussi superficiali (ripristino parziale dei processi di infiltrazione ed evapotraspirazione).
- **Riduzione isola di calore urbana:** la presenza di vegetazione in aree densamente urbanizzate contribuisce a ridurre le temperature dell'ambiente circostante (evapotraspirazione).

- **Conservazione della biodiversità:** mitiga l'impatto antropico sulla perdita della biodiversità contribuendo a ripristinare superfici a disposizione di flora e fauna .
- **Riduzione inquinamento dell'aria:** la vegetazione (fotosintesi) contribuisce alla riduzione dell'anidride carbonica e dei nitrati in atmosfera (effetto serra). Il raffreddamento favorisce il deposito delle polveri sottili.



- **Riduzione inquinamento acustico:** abbatte i rumori da sorvolo .
- **Riduzione consumi energetici:** riduzione dei costi di raffreddamento dell'edificio.

Bioswales

Bioswales are shallow, flat bottom, vegetated open channels designed to convey, treat and often attenuate surface runoff promoting:

- ✓ Sedimentation,
- ✓ filtration through the root zone and soil matrix,
- ✓ evapotranspiration,
- ✓ infiltration into the underlying soil.

They can enhance the natural landscape and provide aesthetic and biodiversity benefits. Swales can have a variety of profile and characteristics depending on the site characteristics and system objective.

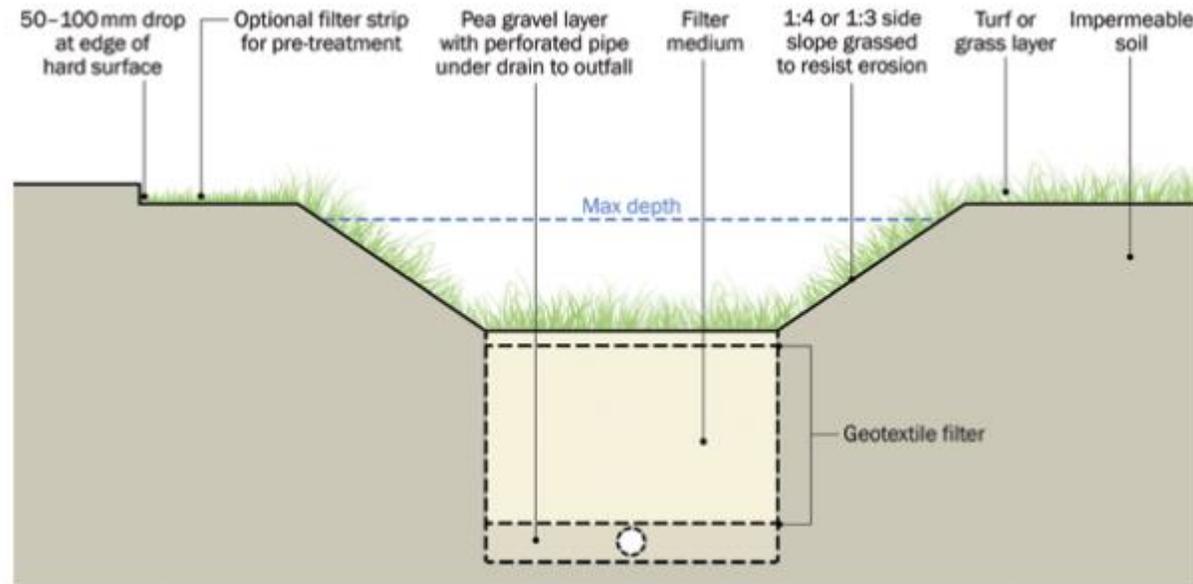


Figure 17.2 Typical dry swale

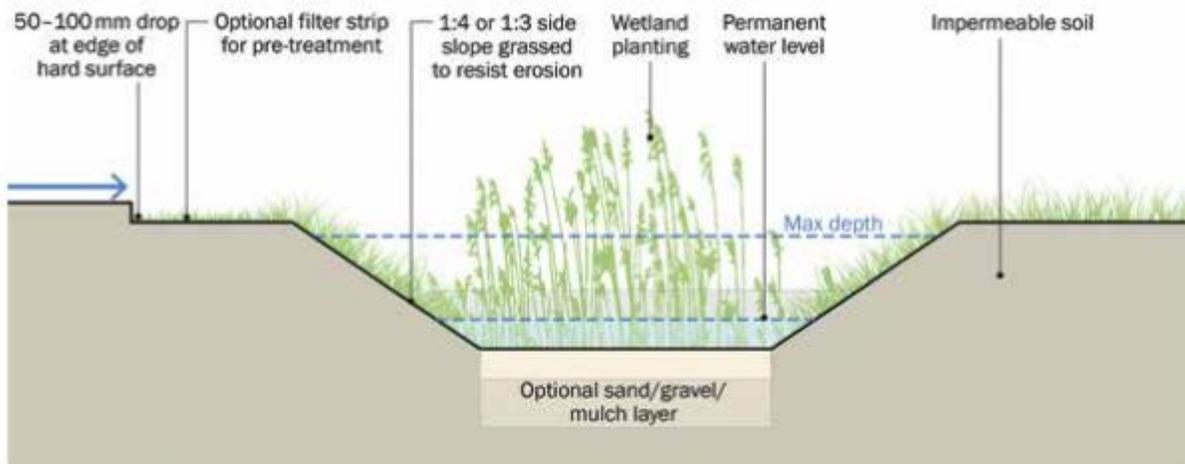


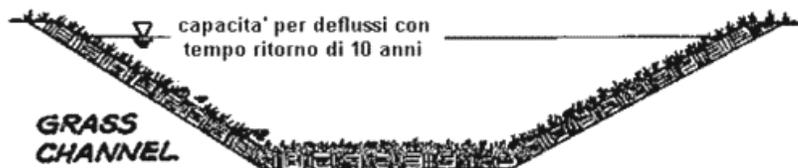
Figure 17.3 Typical wet swale

Source: *The SuDS Manual*, CIRIA 2015

Soluzioni tecniche

Cunette inerbite

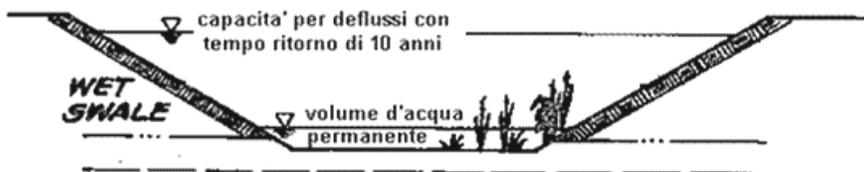
Canale inerbito



Depressione artificiale secca

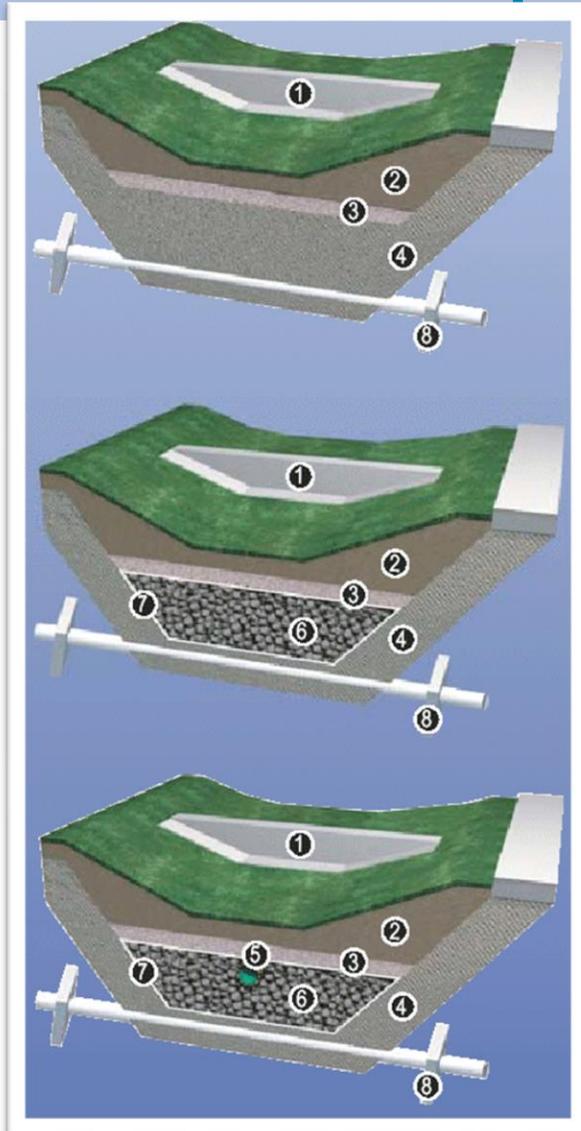


Depressione artificiale umida



- ✓ Canale poco profondo a sezione trapezia con inclinazione delle sponde 3:1, ricoperto da fitta vegetazione.
- ✓ Processi di filtrazione attraverso la copertura vegetale e l'infiltrazione nel suolo.
- ✓ Richiede suolo ad alta permeabilità (>7mm/h) per garantire l'infiltrazione del volume immagazzinato in un tempo di un giorno.
- ✓ Controllo qualitativo essenzialmente mediante infiltrazione nel suolo.
- ✓ Livello d'acqua permanente per assicurare condizioni di saturazione idrica per lo sviluppo delle piante acquatiche.
- ✓ Controllo qualitativo per sedimentazione e l'assorbimento vegetale

Tipo I: Cunette erbose (II)



EFFICIENZE di RIMOZIONE

Tipo di cunetta	SST [%]	P _{tot} [%]	N _{tot} [%]	Metalli [%]	Idrocarburi [%]
<i>grass</i>	70	30	25	65-90	50-65
<i>dry</i>	80-90	35	40	80-90	45-60
<i>wet</i>	80-90	20	30	40-70	30-40

(Barret et al., 1999)



Soluzioni tecniche

Pavimentazioni permeabili (I)

Le pavimentazioni permeabili offrono una pavimentazione adatta al traffico pedonale e/o veicolare, consentendo all'acqua piovana di infiltrarsi attraverso la superficie e negli strati strutturali sottostanti. L'acqua viene temporaneamente immagazzinata sotto la superficie sovrastante prima dell'uso, dell'infiltrazione nel terreno o dello scarico controllato a valle.

Le PP sono una soluzione efficace per la gestione «locale» dei deflussi superficiali:

- ✓ intercettando il deflusso;
- ✓ riducendo il volume di deflusso;
- ✓ fornendo un mezzo di trattamento per i processi di filtrazione, adsorbimento, biodegradazione e sedimentazione

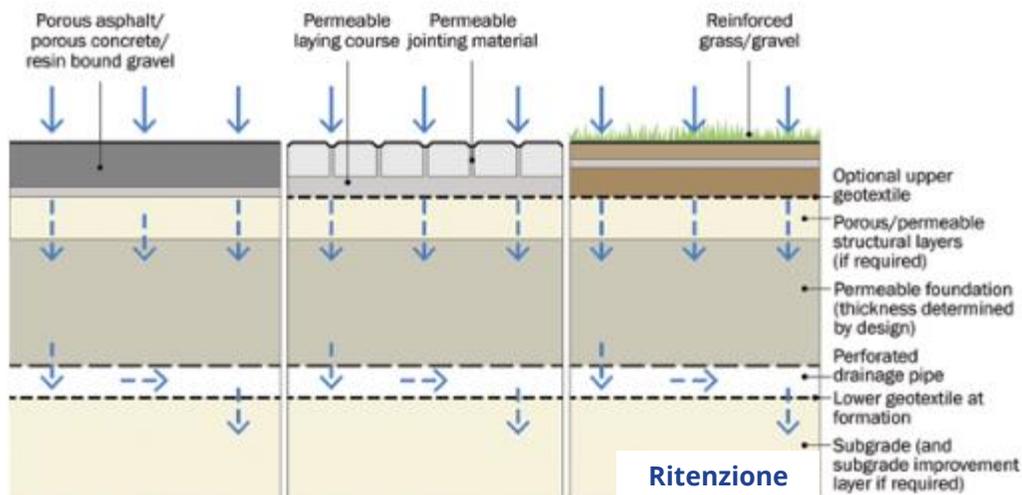


Figure 20.13 Pervious pavement system types: Type B – partial infiltration

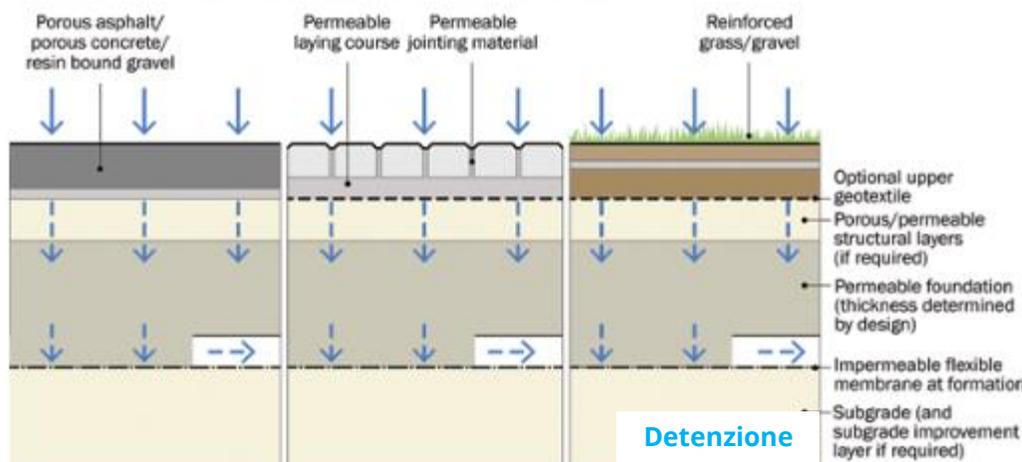
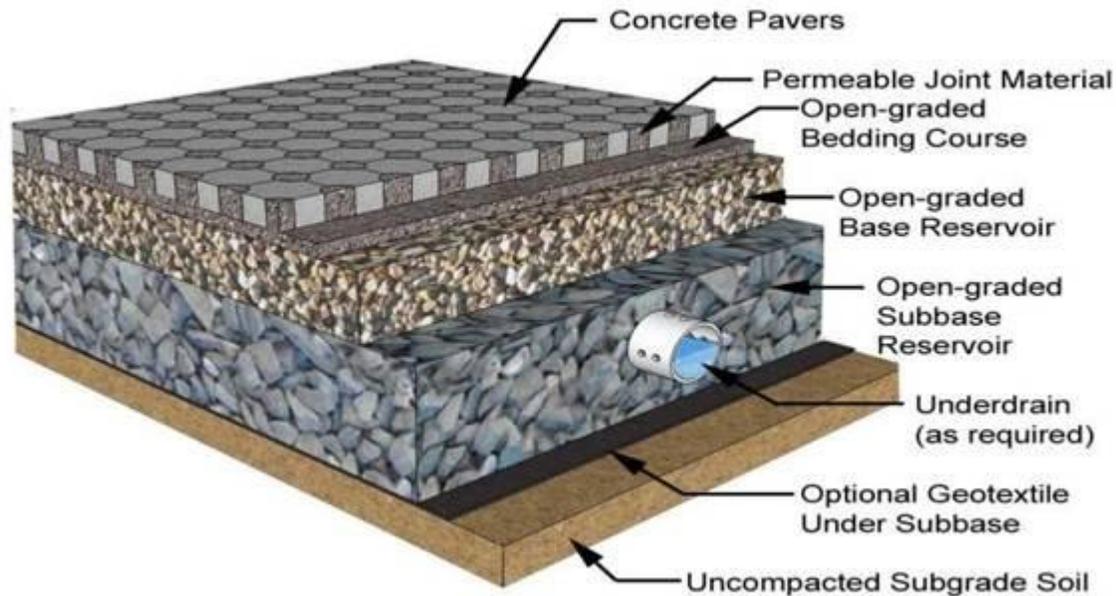


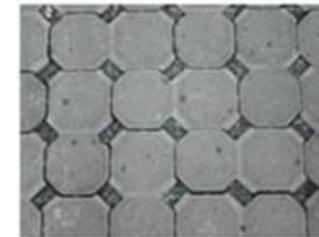
Figure 20.14 Pervious pavement system types: Type C – no infiltration

Soluzioni tecniche

Pavimentazioni permeabili (II)



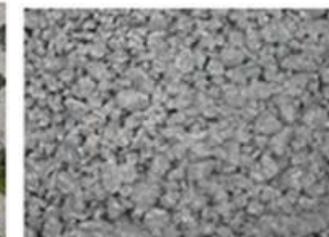
TIPOLOGIE DI PAVIMENTAZIONI



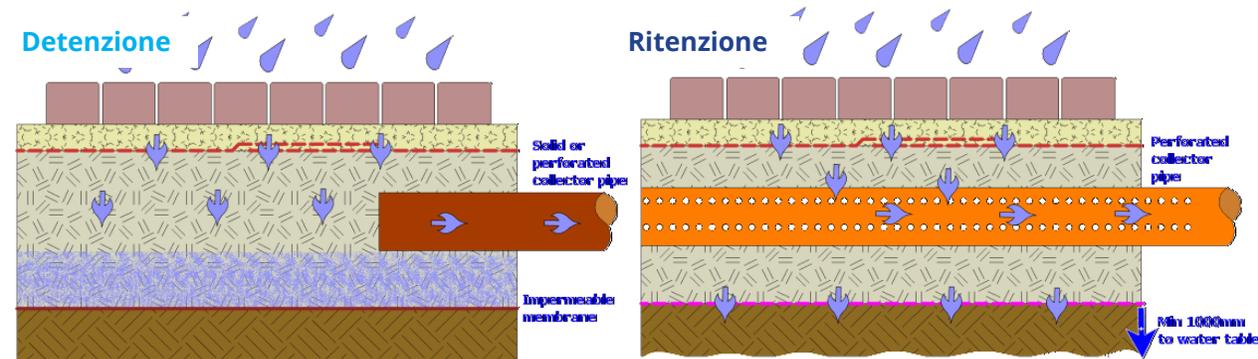
Permeable Interlocking Concrete Pavers (PICP)



Concrete Grid Pavers (CGP) "Turfstone"



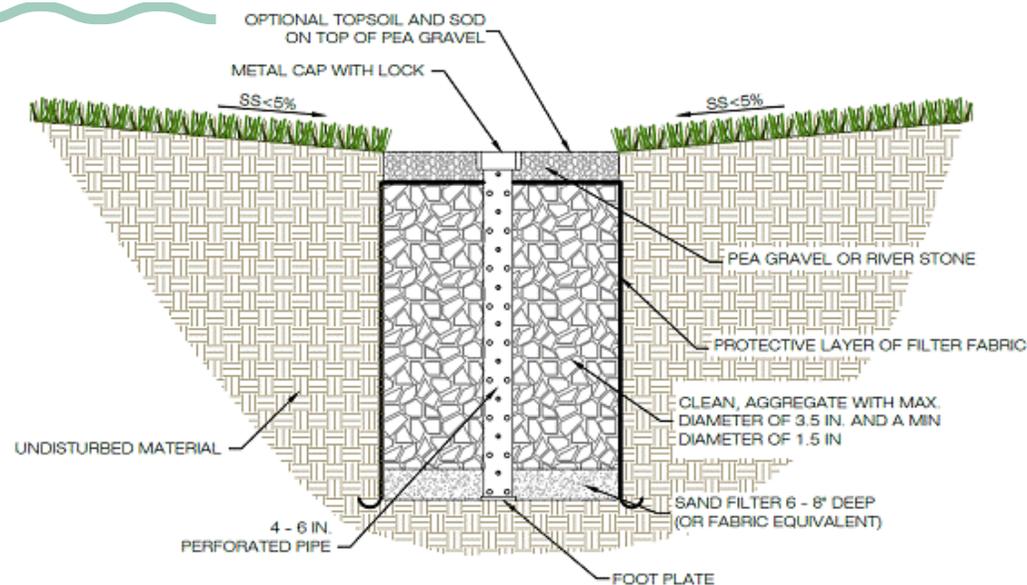
Porous Concrete (PC)



- ✓ Studi sperimentali hanno dimostrato che le pavimentazioni porose sono efficaci nella gestione dei deflussi e nel limitare il carico di inquinanti mediante i processi di infiltrazione ed adsorbimento nella stratigrafia;
- ✓ Rispetto ad una pavimentazione in asfalto, il volume di deflusso si reduce tra il 40% ed il 90% mentre la portata di picco si reduce a circa il 40%;
- ✓ Particolare attenzione deve essere rivolta alla manutenzione di lungo periodo per contrastare il processo di occlusione dello strato superficiale causato dal materiale solido dilavato dai deflussi.

Soluzioni tecniche

Trincee di infiltrazione



STRATIGRAFIA:

- ✓ Strato superficiale: pietrisco d= 20-30 mm e spessore di 150-300 mm;
- ✓ Filtro di geotessuto;
- ✓ Struttura serbatoio: ghiaia d=40-75 mm;
- ✓ Strato di sabbia: spessore 150-300 mm;
- ✓ Filtro in geotessile laterale.

SISTEMI a completa INFILTRAZIONE:

- ✓ efficaci in terreni a elevata permeabilità e con falda lontana dal piano campagna.

EFFICIENZA di RIMOZIONE:

- ✓ Lo strato superficiale trattiene i sedimenti grossolani. Lo strato di sabbia trattiene i metalli pesanti. Il geotessile garantisce un effetto di filtrazione e previene l'intasamento della trincea.

Soluzioni tecniche

Aree verdi drenanti

I sistemi di bio-ritenzione, compresi i giardini pluviali, sono depressioni paesaggistiche poco profonde in grado di ridurre i tassi e i volumi di deflusso e di trattare l'inquinamento attraverso l'uso di suolo e vegetazione artificiali.

Possono inoltre fornire:

- ✓ elementi paesaggistici attraenti (auto-irrigazione e fertilizzazione);
- ✓ Habitat e biodiversità;
- ✓ Raffreddamento dei microclimi locali (evaporazione)

I sistemi di bio-ritenzione sono generalmente utilizzati per gestire e trattare il deflusso di eventi piovosi frequenti, mentre per gli eventi estremi il deflusso viene convogliato direttamente alle componenti di drenaggio. I deflussi si accumulano temporaneamente in superficie e filtrano attraverso la vegetazione e i terreni sottostanti. Per migliorare le prestazioni del trattamento di bio-ritenzione, è possibile utilizzare come materiale filtrante miscele di terreni specifici.

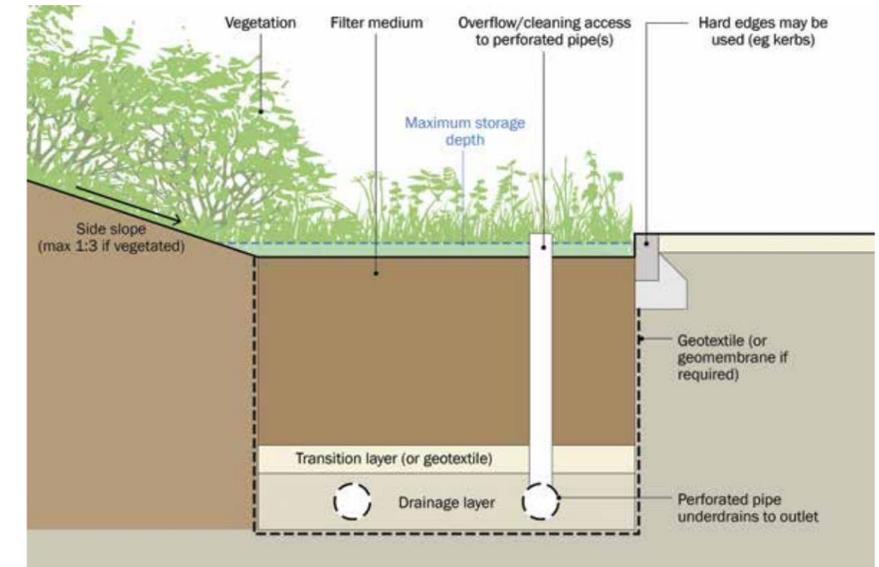


Figure 18.1 Components of a bio-retention system

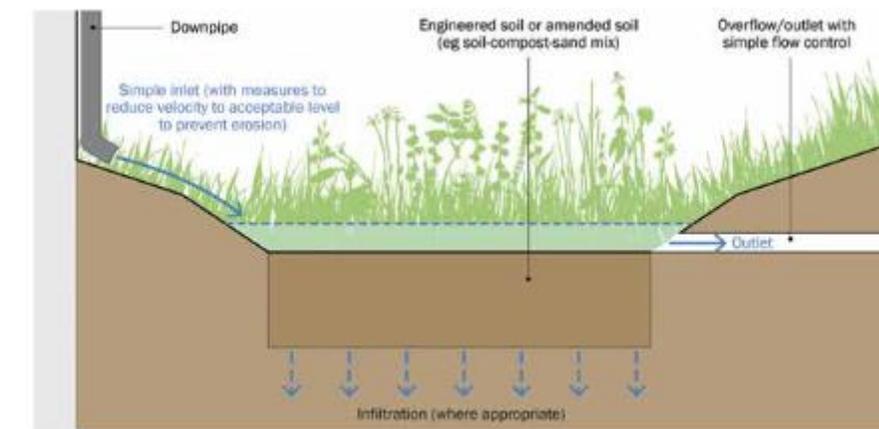
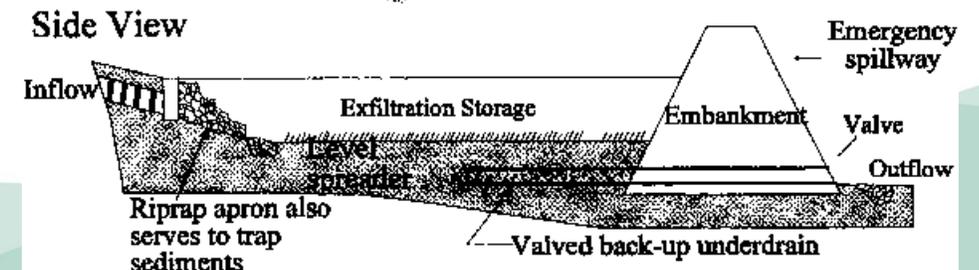
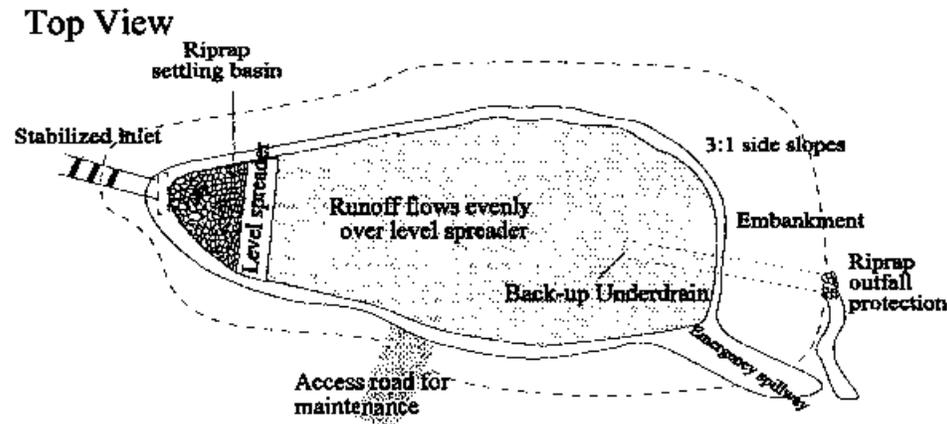


Figure 18.2 Section through a simple rain garden with outlet pipe

Soluzioni tecniche

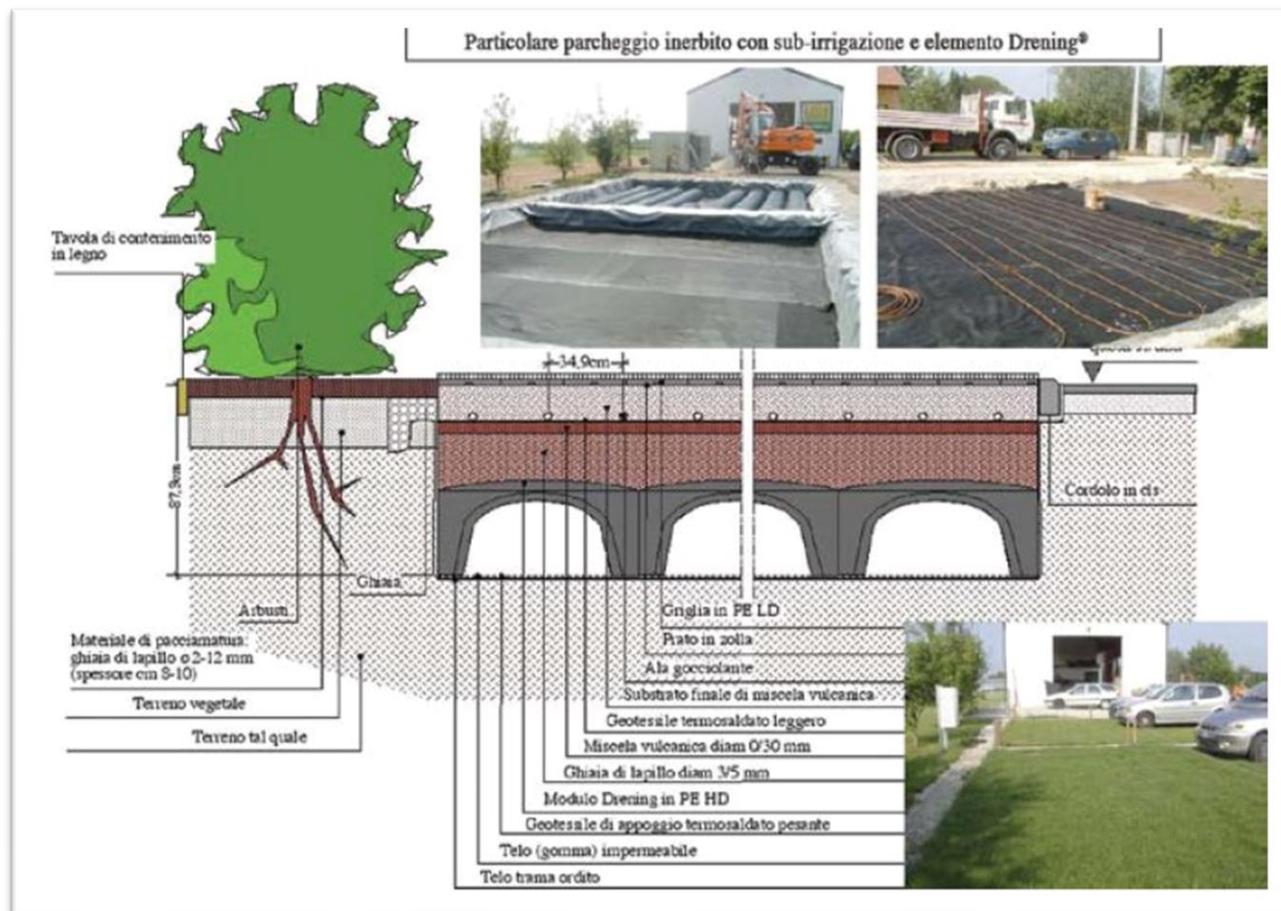
Bacini di infiltrazione

- ✓ Sono situati a valle della rete di drenaggio ovvero in corrispondenza degli scaricatori di piena;
- ✓ Le aree depresse normalmente asciutte sede di vegetazione erbacea la cui presenza aumenta la permeabilità del suolo;
- ✓ le acque temporaneamente accumulate si infiltrano nel suolo nell'arco di qualche giorno;
- ✓ le opere strutturali finalizzate al controllo quantitativo dei deflussi meteorici, esercitano anche un'azione di controllo della qualità tramite percolazione attraverso lo strato vegetato (in particolare: solidi sospesi, batteri, BOD).



Soluzioni tecniche

Detenzione ed infiltrazione forzata



Soluzioni tecniche

Coperture a verde pensile (I)

I tetti verdi sono aree vegetate installate sulla sommità degli edifici per ottenere molteplici benefici, tra cui il valore ecologico, il miglioramento delle prestazioni dell'edificio e la gestione dei deflussi delle acque meteoriche.

- ✓ I GR sono un'alternativa ecologica ai tetti impermeabili tradizionali.
- ✓ I GR sono leggeri (~100 kg/m²) e hanno un'altezza di accumulo ridotta.

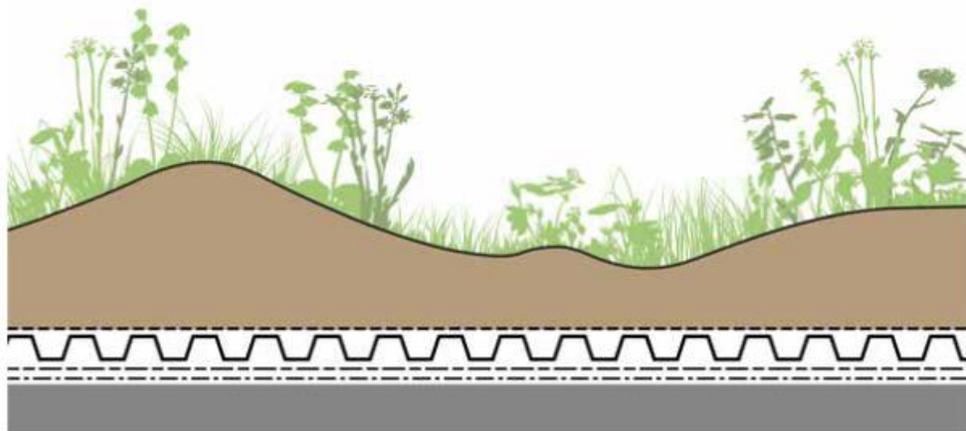


Figure 12.10 Biodiverse green roof with varied substrate depths (from Gedge et al, 2012)

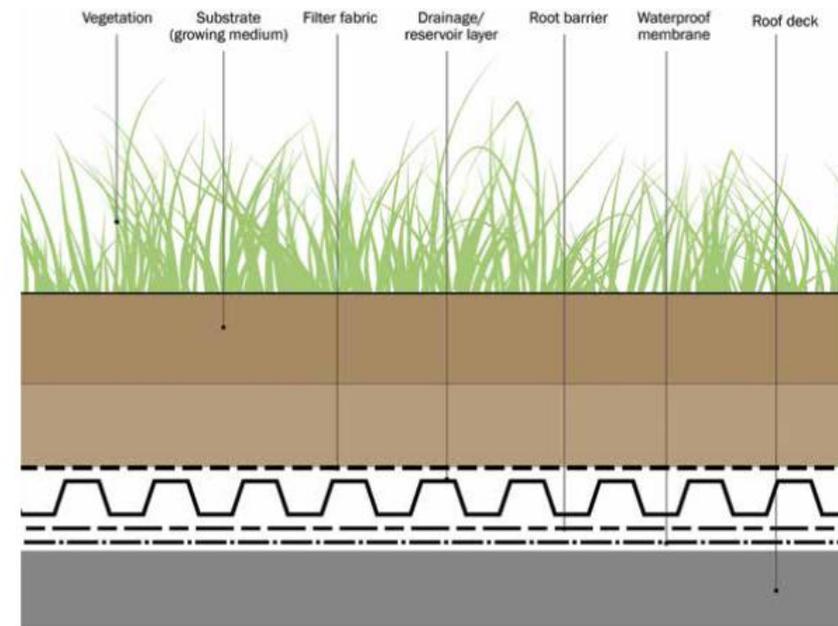


Figure 12.1 Section showing typical extensive green roof components

I GR consistono in un sistema in cui diversi materiali sono stratificati per ottenere la copertura vegetale e le caratteristiche di drenaggio desiderate; i componenti del progetto variano a seconda del tipo di GR e dei vincoli del sito.

Soluzioni tecniche

Coperture a verde pensile (II)

Elementi Principali Stratigrafia a verde pensile



Vegetazione

Substrato culturale

Substrato filtrante

Substrato drenante

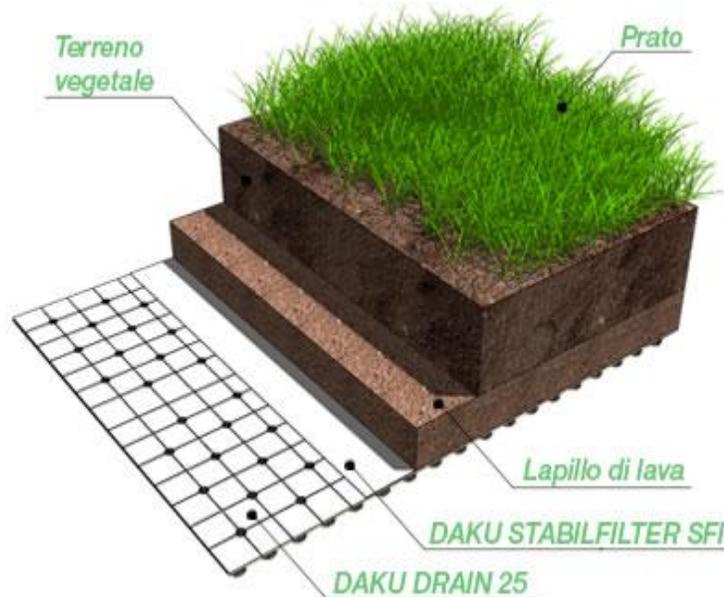
Membrana Antiradice

Dettaglio di soluzione sui bordi



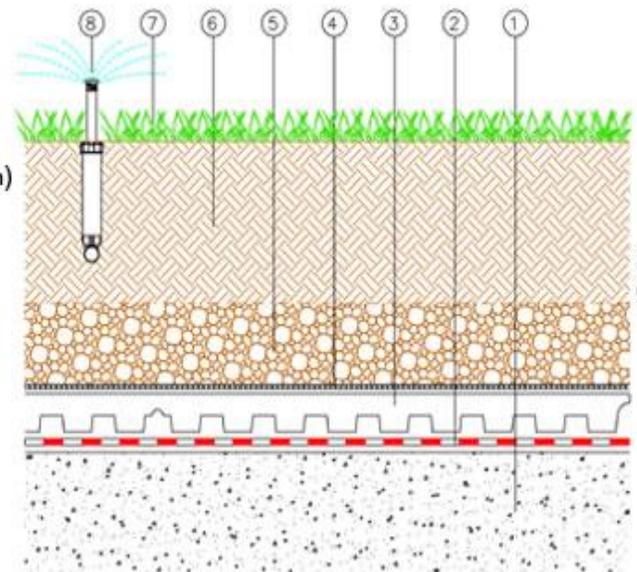
Soluzioni tecniche

Stratigrafia di verde pensile intensivo



- ① Solaio pendenziato (1% min.)
- ② Manto impermeabile antiradice
- ③ DAKU DRAIN 25 (47 mm)
- ④ DAKU STABILFILTER SFI (1,45 mm)
- ⑤ Lapillo di lava (100 mm)
- ⑥ Terreno vegetale (300 mm min.)
- ⑦ Prato
- ⑧ Impianto di irrigazione a pioggia

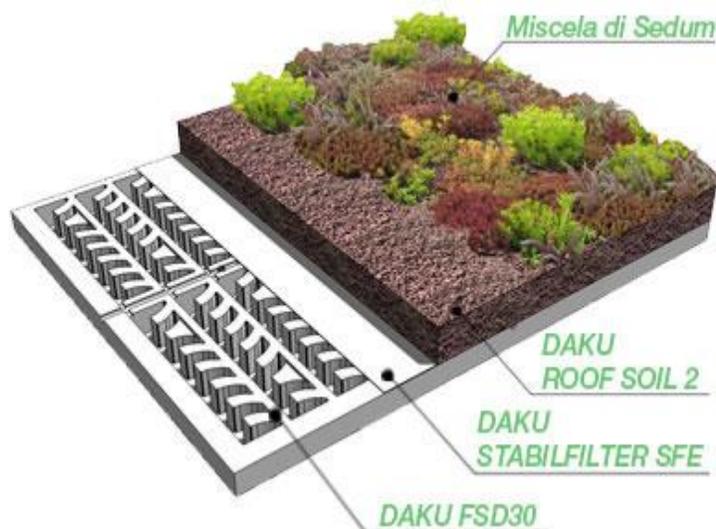
 Saturo d'acqua
 > 530 Kg/mq



- ✓ Il tetto "verde intensivo" è caratterizzato richiede uno spessore minimo del terreno di almeno 30 cm;
- ✓ Determina un sovraccarico di ~ 400-750 kg/m²
- ✓ Richiede una adeguata manutenzione ed irrigazione

Soluzioni tecniche

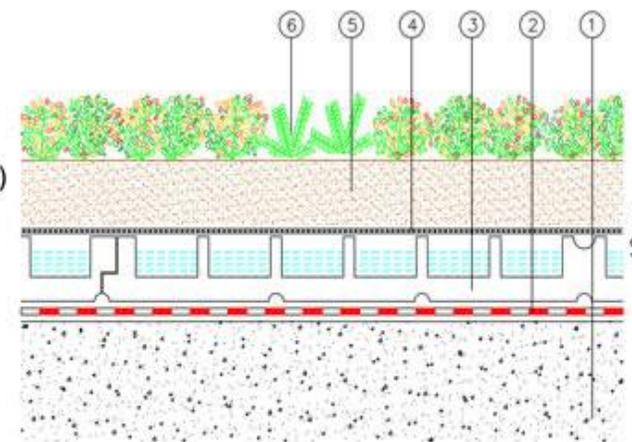
Stratigrafia di verde pensile estensivo



- ① Solaio pendenziato
- ② Manto impermeabile antiradice
- ③ DAKU FSD 30 (80 mm)
- ④ DAKU STABILFILTER SFE (1,30 mm)
- ⑤ DAKU ROOF SOIL 2 (80 mm)
- ⑥ Miscela di Sedum



Saturo d'acqua
115 Kg/mq



- ✓ Il tetto "verde estensivo" è caratterizzato richiede uno spessore del terreno di 5-12 cm;
- ✓ Determina un sovraccarico di ~ 60-250 kg/m²;
- ✓ Può richiedere l'impiego di uno strato termo-isolante;
- ✓ Richiede minori oneri manutentivi rispetto alla soluzione intensiva.

Soluzioni tecniche

Riferimenti tecnici per il verde pensile

I riferimenti tecnici per selezionare i migliori/ottimali materiali e le più idonee tecniche costruttive, nonché i criteri per la realizzazione e per progettare/programmare degli efficaci interventi di manutenzione:

Storicamente

- ✓ Esperienza personale maturata sul campo;
- ✓ Linee Guida redatte da FLL Tedesca (prima edizione del 1982)
“Guidelines for the Planning, Execution, and Upkeep of green roofs sites”;

Oggi



- ✓ Nel Maggio 2007 (aggiornata nel 2015) anche l'Italia si è dotata di uno “strumento” standard per il progettista:

Istruzioni per la progettazione, realizzazione, manutenzione e collaudo delle coperture a verde pensile è stato introdotto (UNI 11235)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

- ✓ Nel 2012, l'ISPRA pubblica il manuale, linee guida dal titolo:

Verde pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico” (ISPRA 2012).

Soluzioni tecniche

Sistemi per la raccolta ed il riuso delle acque meteoriche (DRWH)

La raccolta ed il recupero delle acque meteoriche consiste nel raccogliere le acque di dilavamento dei tetti e di altre aree impermeabili e/o permeabili per utilizzarle come riserva d'acqua per usi diversi dal consumo umano.

- ✓ **Una soluzione per risparmiare acqua potabile negli edifici**
 - La Comunità Europea indica una priorità il risparmio dell'acqua;
 - I sistemi per la raccolta e recupero delle meteoriche sono sostenibili.
- ✓ **Una soluzione per controllare localmente la generazione dei deflussi;**
 - Contribuisce a limitare il volume di deflussi immessi nella rete di drenaggio
 - Contribuisce a limitare l'impatto della qualità dei deflussi sui corpi idrici ricettori

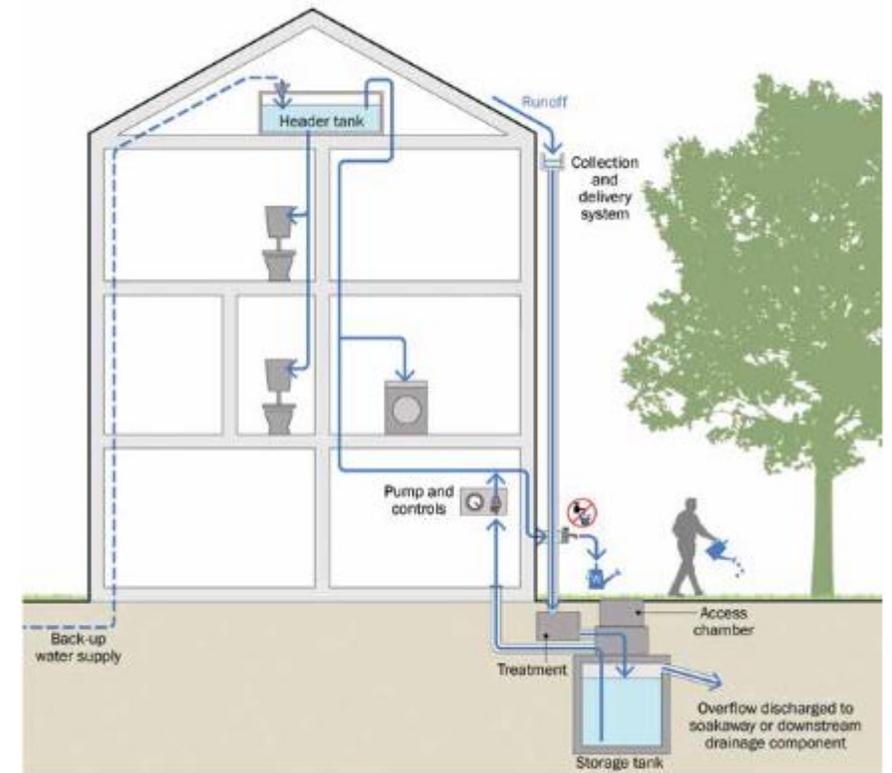


Figure 11.4 A conceptual pumped rainwater harvesting system
Source: The SuDS Manual, CIRIA 2015

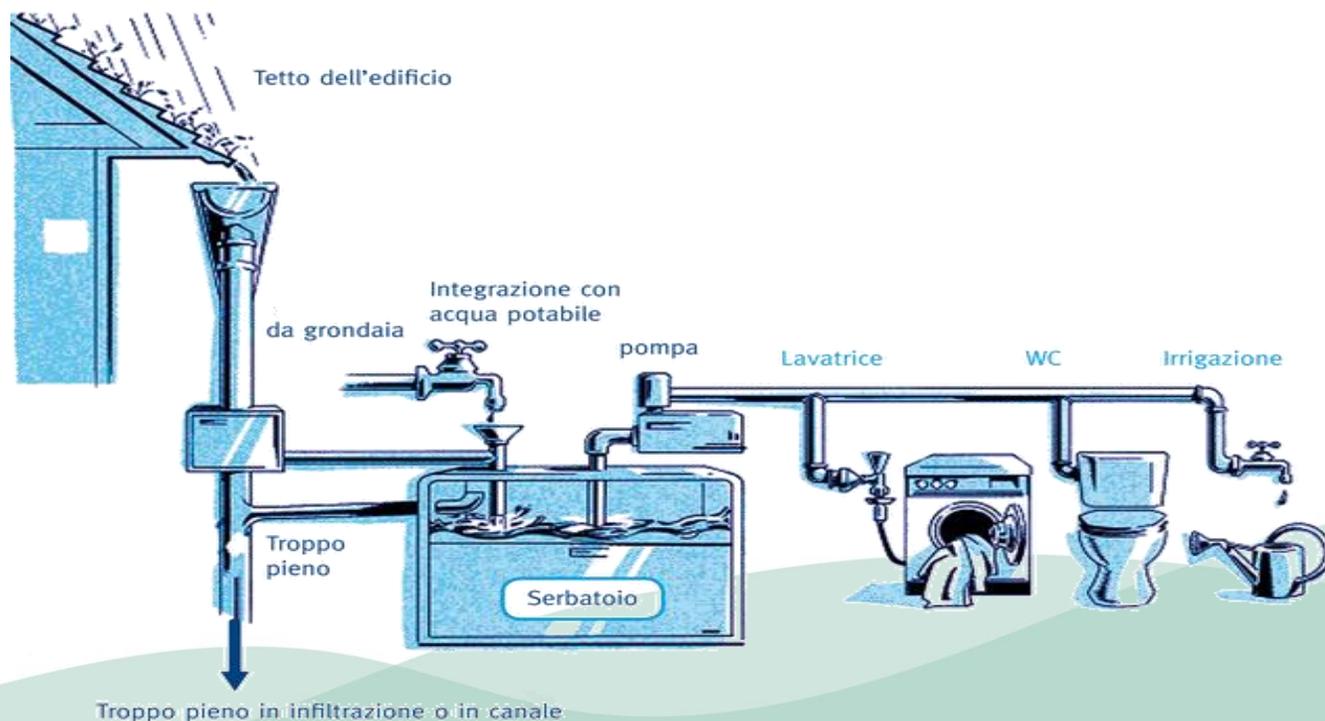
Soluzioni tecniche

Riferimenti tecnici per la progettazione di DRWH

I riferimenti tecnici per selezionare i migliori/ottimali materiali e le più idonee tecniche costruttive, nonché i criteri per la realizzazione e per progettare/programmare degli efficaci interventi di manutenzione:



Norme tecniche per la progettazione, installazione e manutenzione degli impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano, UNI/TS 11445:2012



L'impatto locale

Alla scala dell'intervento (I)

La capacità di gestione «locale» dei deflussi di una infrastruttura verde è funzione:

- ✓ delle caratteristiche costruttive (composizione dello strato drenante, inclinazione del superficie, ecc.) e del tipo di vegetazione;
- ✓ delle condizioni meteo-climatiche (regime della precipitazione, evapotraspirazione potenziale, contenuto di umidità del sistema, ecc.)
- ✓ del rapporto tra area contribuente ed area della infrastruttura (a volte come nel caso delle coperture a verde, questa è nulla perché le coperture a verde generalmente gestiscono solo la pioggia incidente)

I principali indicatori di impatto locale: le prestazioni idrologiche

VR: Volume di ritenzione, misura la riduzione percentuale del volume di deflusso;

PR : misura la riduzione percentuale del massimo della portata di piena nella sezione di chiusura della rete;

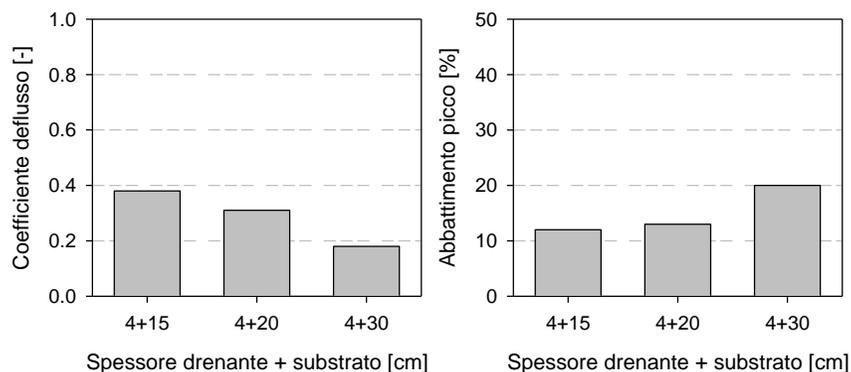
Coefficiente di deflusso: rapporto tra la precipitazione netta ed il deflusso, valutati ad una assegnata durata d'evento.

L'impatto locale

Alla scala dell'intervento – Risultati numerici per GR (I)

Alcuni risultati da prove di laboratorio per evento severo

Test effettuati su plot con precipitazione di 108 mm/h e pendenza 2%.



- ✓ Coefficiente di deflusso (valutato a fine prova) compreso tra 0.4 e 0.2
- ✓ Riduzione della portata al colmo di piena tra il 12% ed il 20% per un evento di periodo di ritorno pari a circa 2 anni.

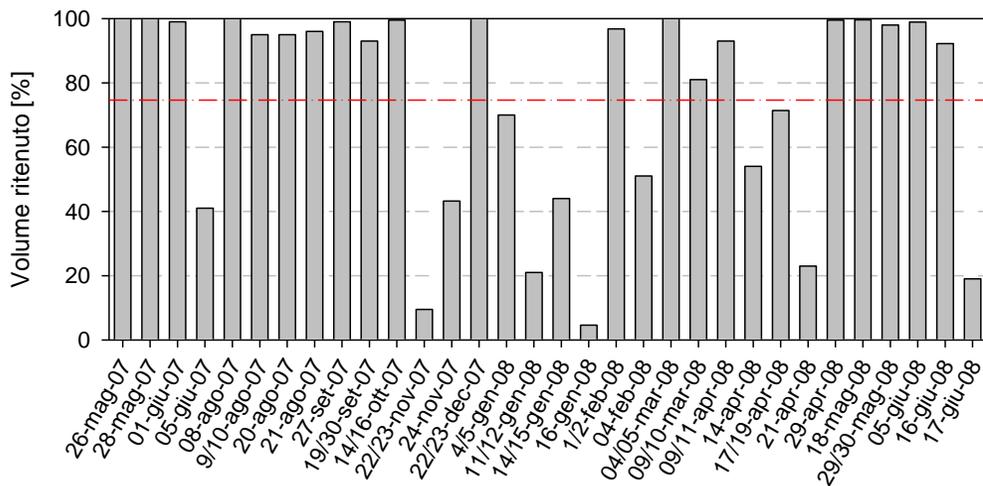
STRATIGRAFIE «estensive» testate:

- ✓ drenante realizzato in materiale plastico preformato (MediDrain) di spessore pari a 4 cm;
- ✓ substrato culturale (di Harpo SEIC) di spessore variabile pari a 15, 20 e 30 cm.

L'impatto locale

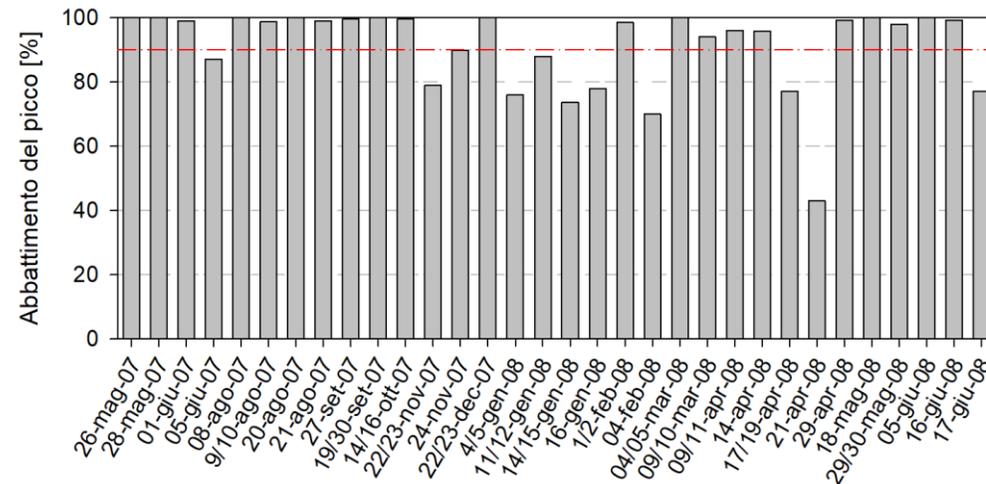
Alla scala dell'intervento – Risultati numerici per GR (II)

Alcuni risultati per il sito sperimentale «intensivo» di UNIGE



Riduzione del volume

- ✓ varia nell'intervallo 4% - 100%
- ✓ valori più modesti per autunno-inverno quando le precipitazioni sono più frequenti e l'evapotraspirazione limitata
- ✓ Valore medio sull'intero periodo pari a 75%



Riduzione della portata al colmo

- ✓ varia nell'intervallo 40%-100%
- ✓ influenzato principalmente dall'intensità della precipitazione sulle brevi durate
- ✓ Valore medio sull'intero periodo pari a 90%

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano

La capacità di gestione «globale» dei deflussi di una infrastruttura verde è funzione:

- ✓ delle caratteristiche costruttive (composizione dello strato drenante, inclinazione del superficie, ecc.) e del tipo di vegetazione di ogni singola installazione;
- ✓ delle condizioni meteo-climatiche (regime della precipitazione, evapotraspirazione potenziale, contenuto di umidità del sistema, ecc.);
- ✓ delle regole di gestione delle infrastrutture (controllo in tempo reale delle soluzioni e delle loro interazioni)
- ✓ della numerosità di installazioni presenti sul bacino (percentuali di aree delle infrastrutture a verde rispetto all'area totale del bacino).

Per quantificare l'impatto globale dell'installazione di infrastrutture verdi in contesto urbano si utilizzano:

- ✓ le prestazioni idrologiche viste in precedenza valutate però nella sezione di chiusura della rete di drenaggio urbano (VR e PR)
- ✓ Indicatori della condizione di rischio idraulico della rete di drenaggio valutati come numero di rami che presentano gradi di riempimento elevato (NSI) e numero di nodi allagati (NFI) rispettivamente rispetto al numero di rami e nodi totali.

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per GR e PP (I)

Caso di studio – Bacino urbano di Colle Ometti (Genova)

- ✓ Urbanizzazione degli anni '80 con circa 500 unità immobiliari;
- ✓ Area dell'intervento circa 5.5 ha;
- ✓ 60% dell'area è impermeabile;
- ✓ 31% area delle coperture

Caratteristiche di uso del suolo

Land use	Area	
	[ha]	[%]
Rooftop	1.41	31
Road and Parking	1.28	28
Other impervious	0.06	1
Total Impervious	2.75	60
Green Area	1.28	28
Farmland	0.53	12
Total Pervious	1.81	40
Total Areas	4.56	100

Caratteristiche rete di drenaggio

- ✓ Rete separata;
- ✓ Nessuna infrastruttura verde presente

Intervisti previsti

- ✓ Installazione diffusa di coperture a verde pensile estensivo e pavimentazioni permeabili, in diverse percentuali di realizzazione



Source: Palla and Gnecco, 2015.

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per GR e PP (II)

Caso di studio – Bacino urbano di Colle Ometti (Genova)

Scenari di intervento

Infrastrutture verdi	Scenari di intervento			
	I	II	III	IV
Coperture a verde [% of rooftops]	0	20	50	100
Pavimentazioni permeabili [% of road and parking lot]	16	16	16	16
Riduzione area impermeabili [% of catchment area]	5	11	21	36

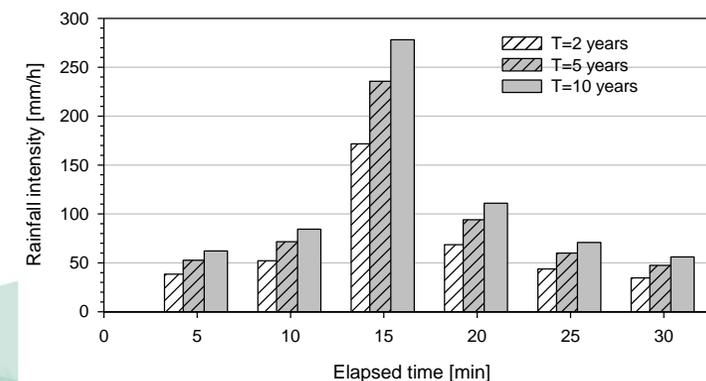
- ✓ Si prevede l'installazione di coperture a verde pensile sul 20, 50 e 100% delle coperture esistenti;
- ✓ Si prevede l'installazione di pavimentazioni permeabili su tutte le aree di parcheggio che rappresentano il 16% della area delle strade e parcheggi.

Scenari di precipitazione

- ✓ Si valuta l'impatto locale per precipitazioni sintetiche di diversa severità (periodo di ritorno variabile tra 2 e 10 anni) caratterizzate da diversi volume e massima intensità.



Source: Palla and Gnecco, 2015.



Source: Palla and Gnecco, 2015.

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per GR e PP (III)

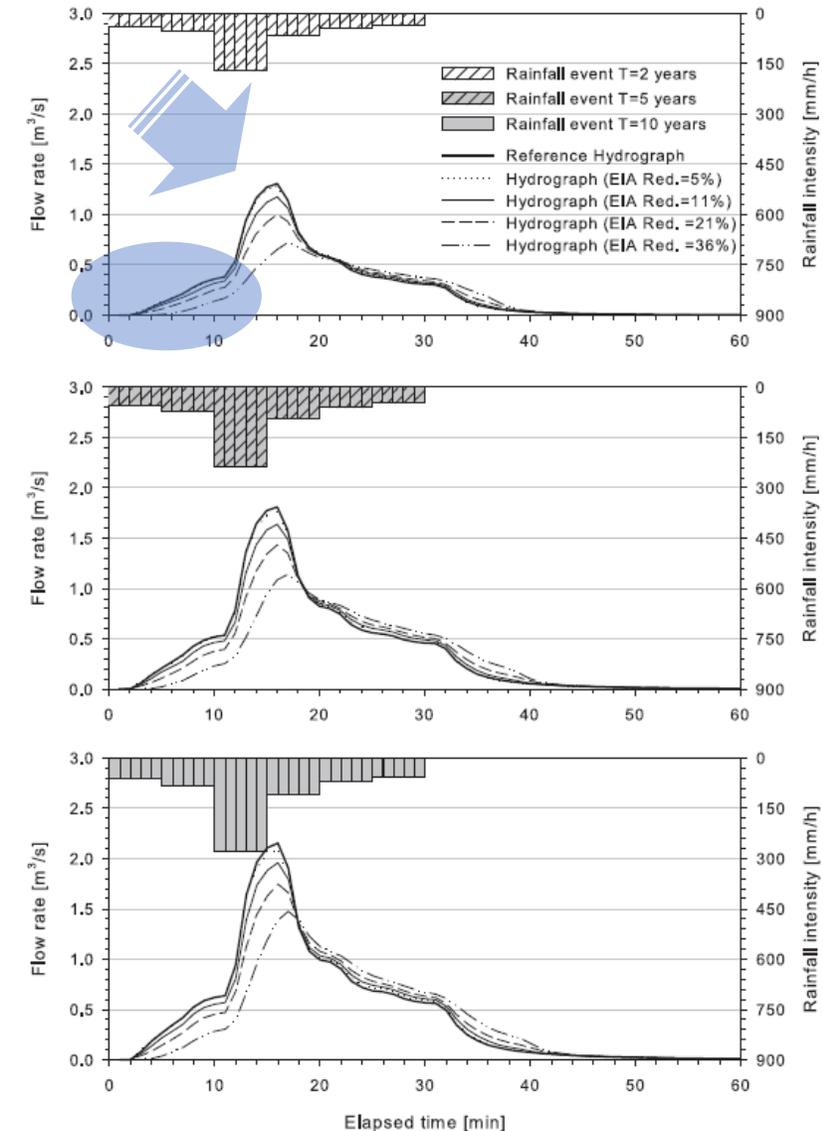
Caso di studio – Bacino urbano di Colle Ometti (Genova)

Prestazioni simulate per via numerica

- ✓ Si implementa il modello idrologico-idraulico EPA-SWMM calibrato con dati sperimentali;
- ✓ Si conducono le diverse simulazioni al variare dello scenario di intervento e dello scenario di precipitazione;

All'aumentare dell'area di intervento (ovvero all'aumentare della riduzione dell'area impermeabile)

- Il deflusso tende a ri-avvicinarsi a quello di un bacino naturale:
 - La crescita dei deflussi è più lenta;
 - La portata al colmo di piena è più modesta



L'impatto globale

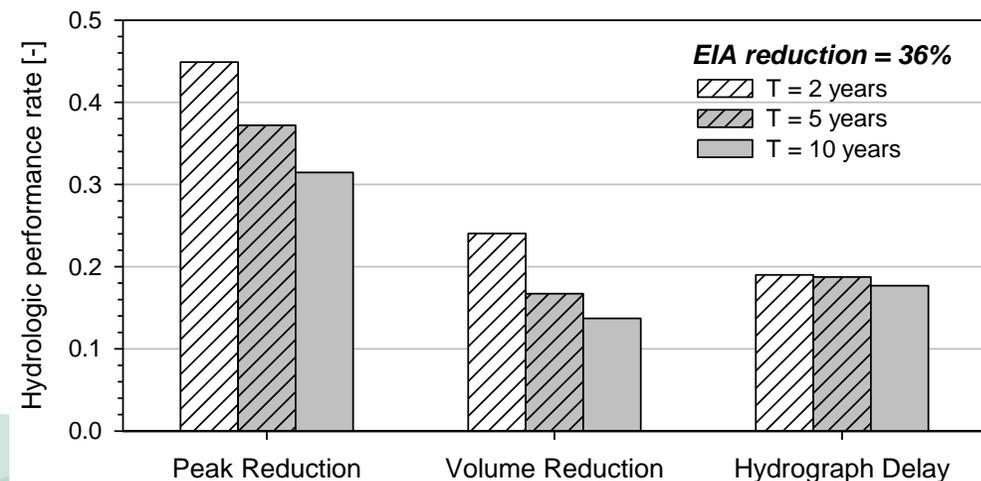
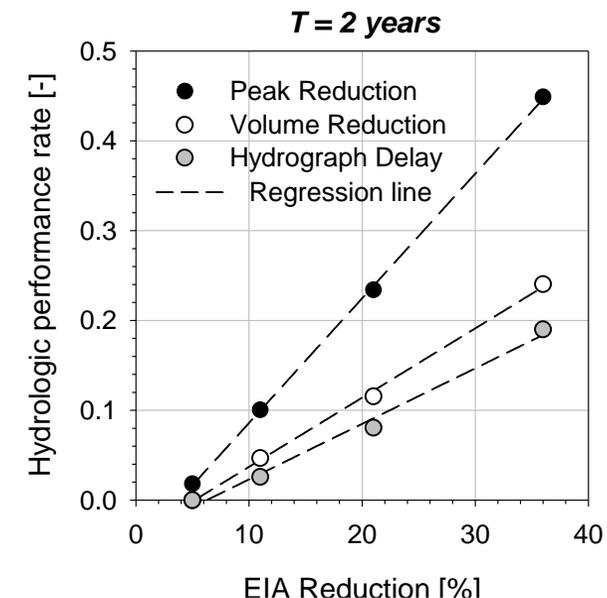
Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per GR e PP (IV)

Caso di studio – Bacino urbano di Colle Ometti (Genova)

Prestazioni idrologiche

- ✓ Le prestazioni idrologiche aumentano linearmente con l'area dell'intervento;
- ✓ Per l'evento più modesto raggiungono il 45% ed il 25% rispettivamente per la riduzione della portata al colmo e del volume;

- ✓ All'aumentare del periodo di ritorno le prestazioni decrescono in maniera più significativa per la portata al colmo, meno per il volume e praticamente nulla sui tempi di risposta.



Source: Palla and Gnecco, 2015.

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per DRWH (I)

Caso di studio – Bacino urbano di PEEP Bovalico (Campo nell'Elba)

Piano Edilizia Economica Popolare di Bovalico:

- ✓ 7 palazzine costituite da 14 unità abitative semi-indipendenti, dotate di garage e verde privato
- ✓ Posteggi comuni realizzati con soluzioni permeabili

Caratteristiche di uso del suolo

Categoria di Uso del suolo	Area [ha]	Area [%]
Tetti	0.1806	16.1%
Logge	0.0028	0.2%
Strade e Parcheggi	0.1875	16.7%
Marciapiedi	0.0831	7.4%
Tot Area Impermeabile		40.5%
Aiuole	0.1002	8.9%
Giardini	0.5191	46.3%
Parcheggi drenanti	0.0484	4.3%
Tot Area Permeabile		59.5%
Tot	1.1218	100.0%

Caratteristiche rete di drenaggio

- ✓ Rete separata;
- ✓ Nessuna infrastruttura verde presente

Intervisti previsti

- ✓ Installazione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche per ogni palazzina



Source: Palla and Gnecco, 2021.

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per GR e PP (III)

Caso di studio – Bacino urbano di PEEP Bovalico (Campo nell'Elba)

Scenari di precipitazione

- ✓ Si valuta l'impatto locale per precipitazioni sintetiche di diversa severità (periodo di ritorno variabile tra 2 e 10 anni) caratterizzate da diversi volume e massima intensità.

Prestazioni simulate per via numerica

- ✓ Si implementa il modello idrologico-idraulico EPA-SWMM all'interno della piattaforma TRIG Eau (<http://www.trigeau.servergis.it/it/casi-di-studio>)
- ✓ Si conducono le diverse simulazioni al variare dello scenario di precipitazione e della condizioni iniziali di riempimento della vasca (vuota attrezzata con sistema -RTC e piena)
- ✓ Si valutano sia le prestazioni idrologiche VR e PR che gli indicatori di rischio della rete NSI e NFI-

Campo nell'Elba

L'impatto globale

Alla scala del bacino urbano – Risultati numerici per DRWH

Caso di studio – Bacino urbano di PEEP Bovalico (Campo nell'Elba)

- ✓ All'aumentare del periodo di ritorno le prestazioni decrescono;
- ✓ Le prestazioni evidentemente diventano marginali se la vasche non sono gestite con sistema RTC;
- ✓ La riduzione dello stress della rete è pari a 75% anche per l'evento più intenso

