

Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici

Aprile 2018



INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. UN NUOVO APPROCCIO AL DRENAGGIO URBANO: DALL'HARD ENGINEERING AL SOFT ENGINEERING.....	7
3. PROBLEMATICHE E SCALE DI APPLICAZIONE DELLE SOLUZIONI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (SUDS).....	14
3.1 SCALE DI APPLICAZIONE DI TECNICHE SUDS: PARCHEGGI.....	14
3.2 SCALE DI APPLICAZIONE DI TECNICHE SUDS: STRADE.....	16
4. LE TECNICHE SUDS.....	20
4.1 SCHEDE TECNICHE.....	20
4.2 BENEFICI DELLE TECNICHE SUDS ALL'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	69
4.3 CONSIDERAZIONI SULLE POSSIBILITÀ DI RETROFITTING DELLE TECNICHE SUDS.....	71
5. UN ESEMPIO DI APPROCCIO SUDS SUL CASO STUDIO DI BOLOGNA: L'ECO-BOULEVARD E LA ARENA DELL'ACQUA NEL QUARTIERE LAZZARETTO.....	76
5.1 FUNZIONAMENTO IDRAULICO.....	79
5.2 INSERIMENTO ARCHITETTONICO.....	83
6. BIBLIOGRAFIA.....	90



Comune di Bologna



ATKINS



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Impatto dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione sul ciclo idrologico dell'acqua. Fonte: Gibelli G., 2015, GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'	7
Figura 2. Impatto dell'urbanizzazione sul ciclo delle acque a scala di bacino. Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" (riadattato)	8
Figura 3. Rappresentazione qualitativa dei volumi di runoff scaricati nei fiumi prima e dopo l'urbanizzazione. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato).....	10
Figura 4. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini di processi per la riduzione dei carichi inquinanti generati. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas.....	11
Figura 5. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini approccio. Hard engineering (a sinistra): drenaggio-ritenzione-scarico. Soft engineering (a destra): rallentamento-diffusione-trattamento in situ. di processi per la riduzione dei carichi inquinanti generati. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas	12
Figura 6. Confronto tra i benefici forniti dall'utilizzo di infrastrutture verde (fitodepurazione), grigia (vasca di prima pioggia) e assenza di intervento (pioppeto esistente) in termini di servizi ecosistemici. Fonte: Lique et al. (2016)	13
Figura 7. Diversi approcci SuDS per il drenaggio sostenibile della acque di pioggia dai parcheggi. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato)	14
Figura 8. Esempio di Pixelated Parking. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato).....	15
Figura 9. Esempio di Garden Parking. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato).....	16
Figura 10. Esempio di strade convenzionali ripensate in ottica SuDS. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato).....	17
Figura 11. Esempio di strada senza cordoli per il convogliamento delle acque di pioggia nelle aree di infiltrazione. Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual".....	18
Figura 12. Esempi di aperture nei cordoli stradali per raccolta acque di pioggia stradali. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas	18
Figura 13. Esempio di Greenways. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato).....	19
Figura 14. Esempio di area verde soggetta a retrofitting in ottica SuDS, trasformandola in un area di ritenzione vegetale (Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"): i cordoli stradali vengono rialzati in alcuni punti, per non fare attivare i tombini esistenti, e rimossi in altri, per permettere l'ingresso delle acque di pioggia nell'area verde; il tombino esistente viene mantenuto con funzione di troppo pieno nel caso di piogge intense.	71
Figura 15. Planimetria del progetto di urbanizzazione del quartiere di Lazzaretto	76
Figura 16. Risultati della seconda MCA per la scelta della migliore delle due alternative	78



Comune di Bologna



ATKINS



Figura 17. Eco-boulevard e Arena dell'Acqua previsti nel nuovo quartiere di Lazzaretto.	79
Figura 18. Schema di drenaggio del runoff urbano dell'Eco-boulevard e della Arena dell'acqua.	80
Figura 19. Diverse aree interessate e altezze delle acque laminate al variare delle intensità di pioggia... ..	82
Figura 20. Percorso verso la piazza fiancheggiato dal canale inerbito e aree di bioritenzione.....	84
Figura 21. Eco Boulevard che porta alla Arena dell'acqua durante un evento di pioggia: vista sull'area di bioritenzione con sullo sfondo la Arena dell'acqua durante un evento di pioggia di forte intensità	85
Figura 22. Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di bassa intensità.....	86
Figura 23. "Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di bassa intensità con particolare dei giochi d'acqua che ripartono non appena l'evento di pioggia è terminato.....	86
Figura 24. Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di media intensità.....	87
Figura 25. Vista della Arena dell'Acqua durante un evento di pioggia di media intensità, particolare dello specchio d'acqua.....	88
Figura 26. "Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di alta intensità, particolare dello specchio d'acqua.....	89

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Problematiche legate all'adozione di un approccio hard engineering. Fonte immagini: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual".....	9
Tabella 2. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini servizi forniti.....	12
Tabella 3. Prima analisi multicriterio per la scrematura delle soluzioni tecniche più adatta alla risposta al cambiamento climatico in ambiente urbano	77
Tabella 4. Soluzioni tecniche selezionate per le due alternative proposte per l'adattamento ai cambiamenti climatici del comune di Lazzaretto.....	78

1. PREMESSA

La città di Bologna è stata tra le prime di Italia a dotarsi, nel 2015, di un Piano di Adattamento al cambiamento climatico (elaborato nell'ambito del progetto Life BlueAp, www.blueap.eu). Tale piano è stato elaborato a partire dall'analisi del profilo climatico locale del Comune, che ha permesso di mettere in luce le principali criticità del territorio Bolognese prevedibili in seguito al cambiamento climatico. Il Piano ha individuato 3 settori critici, evidenziati come “vulnerabilità”: siccità e carenza idrica, ondate di calore, eventi estremi e rischio idrogeologico. Per ciascuna “vulnerabilità” il Piano definisce obiettivi e le azioni necessarie per raggiungerli, con un orizzonte temporale fissato al 2025. Le vulnerabilità individuate riguardano problemi già oggi presenti – e condivisi dai cittadini che hanno avuto un ruolo chiave, attraverso un lungo e articolato processo di partecipazione dei rappresentanti di associazioni e interessi locali – che, con il manifestarsi degli effetti del cambiamento climatico, saranno ulteriormente esacerbati.

Per il settore “eventi estremi e rischio idrogeologico” il Piano ha individuato 5 obiettivi, sintetizzati nello schema che segue.

Vulnerabilità	
	Eventi estremi di pioggia e rischio idrogeologico

Principali Obiettivi				
Crescita territorio impermeabilizzato <200 ettari	Superficie impermeabilizzata attrezzata con sistemi di drenaggio sostenibile > 11,5 ettari	Carico inquinante dovuto agli sfioratori < 50%	Aumentare la resilienza delle infrastrutture	Adeguare manutenzione patrimonio culturale

Il primo obiettivo consiste nel minimizzare la crescita del territorio impermeabilizzato: il Piano Urbanistico di Bologna – come per tutte le città – prevede infatti una espansione urbana: tale espansione però sarà volta prevalentemente alla riqualificazione di aree già edificate, contenendo entro i 200 ettari la superficie di suolo libero oggetto di espansione edilizia: una crescita delle aree edificate inferiore al 10% se si considera che nel 2014 il suolo edificato nel Comune di Bologna ammontava a circa 2.250 ettari.

Come secondo obiettivo, il Piano si propone di servire l'1% del territorio occupato da superfici impermeabilizzate pubbliche (strade, piazze e parcheggi pubblici, pari a circa 1.150 ettari) con sistemi di drenaggio urbano sostenibile (si veda il capitolo successivo).

Il terzo obiettivo del Piano prevede una consistente riduzione del carico inquinante veicolato

dagli sfioratori di piena. Il sistema idrografico di Bologna – una fitta rete di canali alimentati prevalentemente dal fiume Reno, realizzata a partire dagli inizi del secondo millennio dopo cristo – soffre infatti di gravi problemi di qualità dell'acqua. Tali problemi sono ancora oggi in gran parte dovuti alla promiscuità tra rete fognaria (di raccolta liquami) e rete idrografica artificiale; problema per cui sono necessari interventi di bonifica molto costosi, in corso da decenni. Quando però, in prospettiva, la separazione tra reti fognarie e canali alimentati da fiumi e torrenti sarà completata, resterà il carico inquinante dovuto agli sfioratori delle reti miste, che con il cambiamento climatico è destinato ad aumentare per effetto della maggior frequenza di eventi meteorologici intensi.

Infine il Piano prevede altri due obiettivi, che riguardano le infrastrutture ed i beni culturali particolarmente esposti al rischio, che dovranno essere resi maggiormente “resilienti” (in grado di sopportare gli eventi estremi ritornando dopo l'evento alle condizioni preesistenti) o adeguatamente protetti dal rischio di frane ed allagamenti.

Per raggiungere gli obiettivi, il Piano ha delineato diverse strategie e per ciascuna strategia una serie di azioni: strategie e azioni relative alla “vulnerabilità: eventi estremi e rischio idrogeologico” sono sintetizzate nella tabella qui a lato.

Le presenti Linee Guida sono una delle azioni che cooperano nella strategia volta a migliorare la risposta idrologica della città.

Strategia	Azioni (P = pilota)	Responsabile	Dimensione
migliorare la risposta idrogeologica della città	Parcheggi permeabili e gestione sostenibile delle piogge nel PUA Via Larga – Via dell'Industria (P)	Comune	Comune di Bologna
	Gestione sostenibile delle acque nel POC aree demaniali (P)		
	Revisione degli strumenti di pianificazione per migliorare la risposta idrologica all'interno della città edificata e mitigare l'impatto idrologico dei nuovi insediamenti		
	Conversione del sistema di drenaggio urbano verso soluzioni sostenibili		
	Nuove linee guida per il drenaggio urbano sostenibile		
rendere il territorio più "resistente" alle precipitazioni intense	Soluzioni innovative per la soluzione dei problemi ambientali e idraulici dello scolo Canocchia Superiore (P)	Consorzio della Bonifica Renana	Città Metropolitana
	Adeguamento della rete idrografica al cambiamento climatico	Autorità di Bacino del Reno, Consorzio della Bonifica Renana	
	Prevenzione e riduzione del dissesto idrogeologico della collina bolognese	Comune	Comune di Bologna
ridurre il carico inquinante sulle acque veicolato dalle piogge	Riduzione dell'afflusso delle acque di pioggia in fogna	Comune	Comune di Bologna
	Ridurre il carico inquinante degli sfioratori di rete mista	Atersir	
aumentare la resilienza della popolazione e dei beni a rischio	Pacchetti assicurativi Unipol (P)	Unipol	Comune di Bologna
	Consolidamento e riqualificazione del ponte stradale sul fiume Reno "Pontelungo" (P)	Comune	
	Sicurezza insediamenti lungo il Reno e aggiornamento strumenti pianificazione urbanistica		
	Sistema di allerta rischio sui "social"		
	Aggiornamento del Piano di protezione civile		
	Aumento della resilienza del patrimonio culturale		
	Monitoraggio dei corsi d'acqua critici per il rischio idraulico	Servizio Tecnico Bacino Reno	Città Metropolitana

2. UN NUOVO APPROCCIO AL DRENAGGIO URBANO: DALL'HARD ENGINEERING AL SOFT ENGINEERING

I processi di urbanizzazione sviluppatasi negli ultimi decenni hanno modificano profondamente il ciclo naturale dell'acqua a causa dell'aumento delle superfici impermeabili, diminuendo i fenomeni evapotrasporativi, l'infiltrazione superficiale e profonda e la ricarica delle falde acquifere e aumentando i volumi delle così dette acque di *runoff*, cioè le acque di dilavamento superficiale che non vengono infiltrate nel terreno.



Figura 1. Impatto dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione sul ciclo idrologico dell'acqua. Fonte: Gibelli G., 2015, *GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'*

Nel passato la gestione del drenaggio urbano è stata affrontata solo da un punto di vista idraulico, con un approccio che chiameremo in questa sede **“hard engineering”**. Tale approccio ha come fine quello di drenare e raccogliere le acque di pioggia dalla superficie impermeabilizzata e convogliarle lontano dalle aree urbanizzate il più velocemente possibile. A livello tecnico, l'hard engineering si è tradotta nella raccolta di tutti i deflussi dalle superfici impermeabili, indipendentemente dal loro grado di inquinamento, e la loro immissione in fognature miste o separate, per poi essere scaricate in corpi idrici superficiali (fiumi, laghi, mari). Risulta quindi evidente come l'approccio di hard engineering abbia contribuito a non rispettare i principi dell'invarianza idraulica¹ (Figura 2), riducendo fortemente l'infiltrazione locale e trasferendo, mediante drenaggio in fognature, le acque piovute più a monte in una località differente, sbilanciando il bilancio idrologico pre-urbanizzazione e aggravando la situazione a valle (Figura 3).

¹ Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba rimanere invariata prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.



Comune di Bologna



European
Investment
Bank

ATKINS



IRIDRA

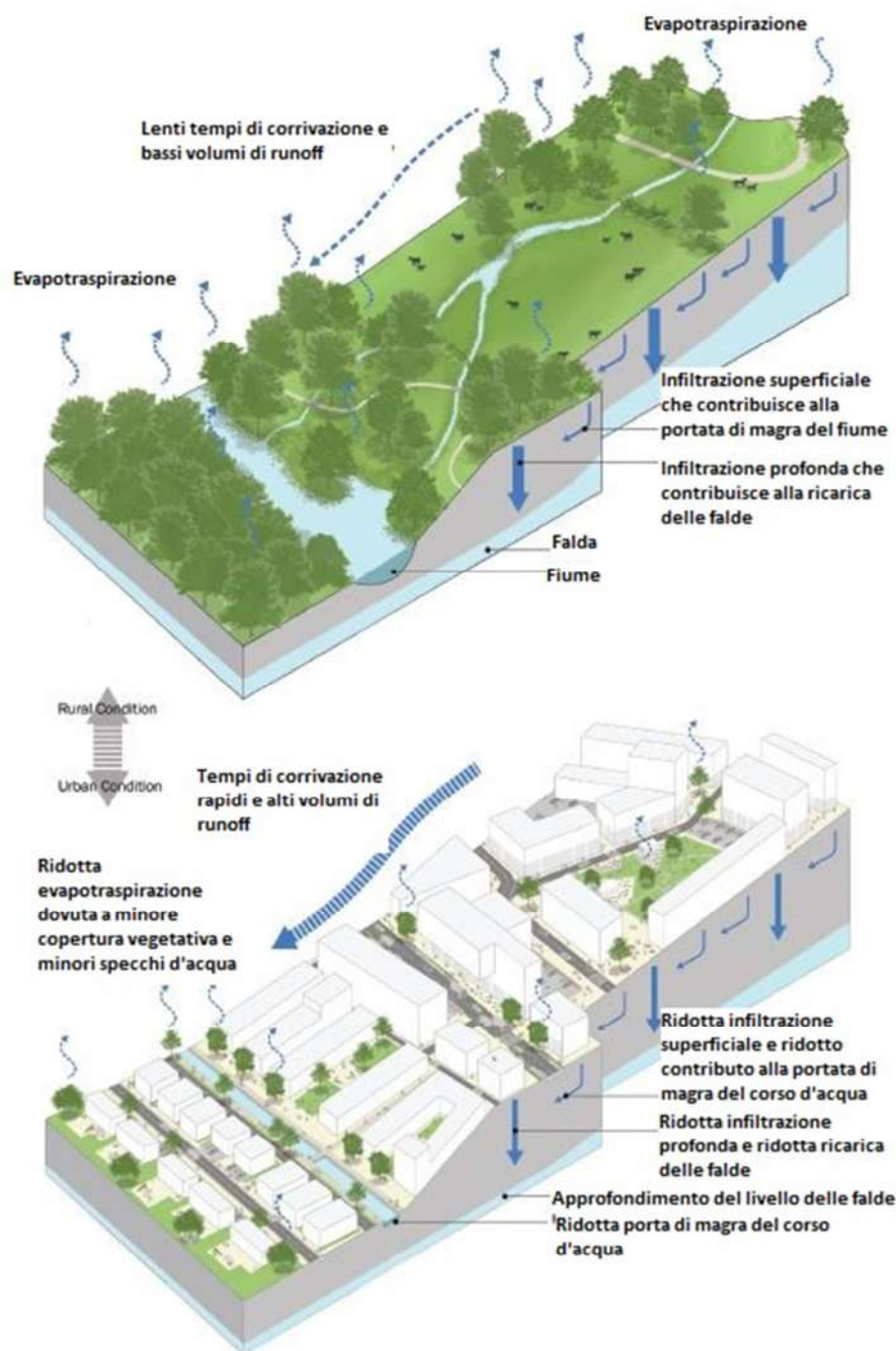


Figura 2. Impatto dell'urbanizzazione sul ciclo delle acque a scala di bacino. Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" (riadattato)

La comunità scientifica ha inoltre evidenziato come una gestione del drenaggio urbano che vi siano una serie di problematiche relate all'hard engineering, riportate di seguito, anche alla luce degli effetti prevedibili e parzialmente già in atto del cambiamento climatico con un aumento della frequenza e dell'intensità delle piogge estreme.

Allagamento superficiale

Le acque di runoff, se non drenate in modo efficace, possono comportare allagamenti di aree urbane anche per eventi di pioggia modesti



Allagamento delle fognature

Se le acque drenate dalla fognatura eccedono la sua capacità di deflusso, le fognature risultano sovraccaricate e, andando in pressione, possono causare allagamenti superficiali



Allagamento aree fluviali

Il drenaggio artificiale dell'area urbana comporta un aumento dei picchi di piena nei corsi d'acqua dovuti agli scarichi di acque di runoff, facilitando l'allagamento di aree fluviali a valle



Erosione

Le acque scaricate dalla fognatura nei corpi idrici fluviali hanno velocità molto elevate che possono causare erosione, cambiando la configurazione morfologica del corso d'acqua con effetto diretto sugli habitat acquatici del fiume



Inquinamento

Le acque drenate dalle reti fognarie veicolano il carico inquinante accumulato nel periodo secco sulla superficie impermeabile e lo scaricano non trattato nei corpi idrici contribuendo alla riduzione della qualità delle acque degli stessi. L'effetto risulta ancora maggiore nel caso di fognature miste, per via dello scarico di acque reflue miste non trattate per mezzo degli scolmatori di piena



Tabella 1. Problematiche legate all'adozione di un approccio hard engineering. Fonte immagini: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"



Comune di Bologna



ATKINS

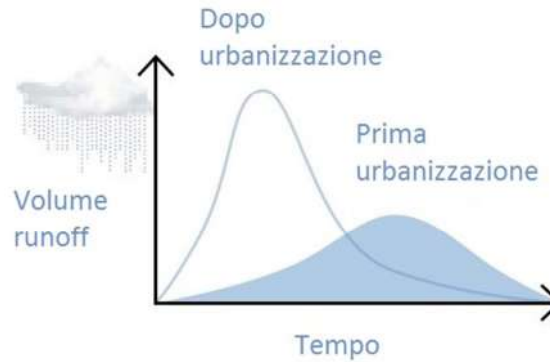
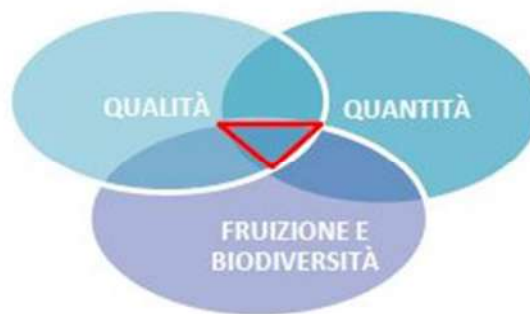


Figura 3. Rappresentazione qualitativa dei volumi di runoff scaricati nei fiumi prima e dopo l'urbanizzazione. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (ri-adattato)

In contrapposizione alla hard engineering, sta prendendo sempre maggiore piede la gestione del drenaggio urbano per mezzo della così detta **Soft Engineering** fondata su un approccio multidisciplinare che permetta con soluzioni integrate di gestire l'acqua urbana e ottenere benefici aggiuntivi in termini di qualità delle acque, aumento della biodiversità e aumento della fruizione di aree pubbliche.



Fonte: Gibelli G., 2015, *GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'*

A tal fine, la Soft Engineering adotta soluzioni naturali ingegnerizzate (*nature-based solutions, green and blue infrastructures*) per gestire il drenaggio urbano e sfruttare i diversi servizi ecosistemici (*ecosystem services*) da esse fornite (Huber, J., 2010):

- regolazione atmosferica
- regolazione climatica
- regolazione idrica
- recupero delle acque
- controllo dell'erosione e trattenimento dei sedimenti



Comune di Bologna

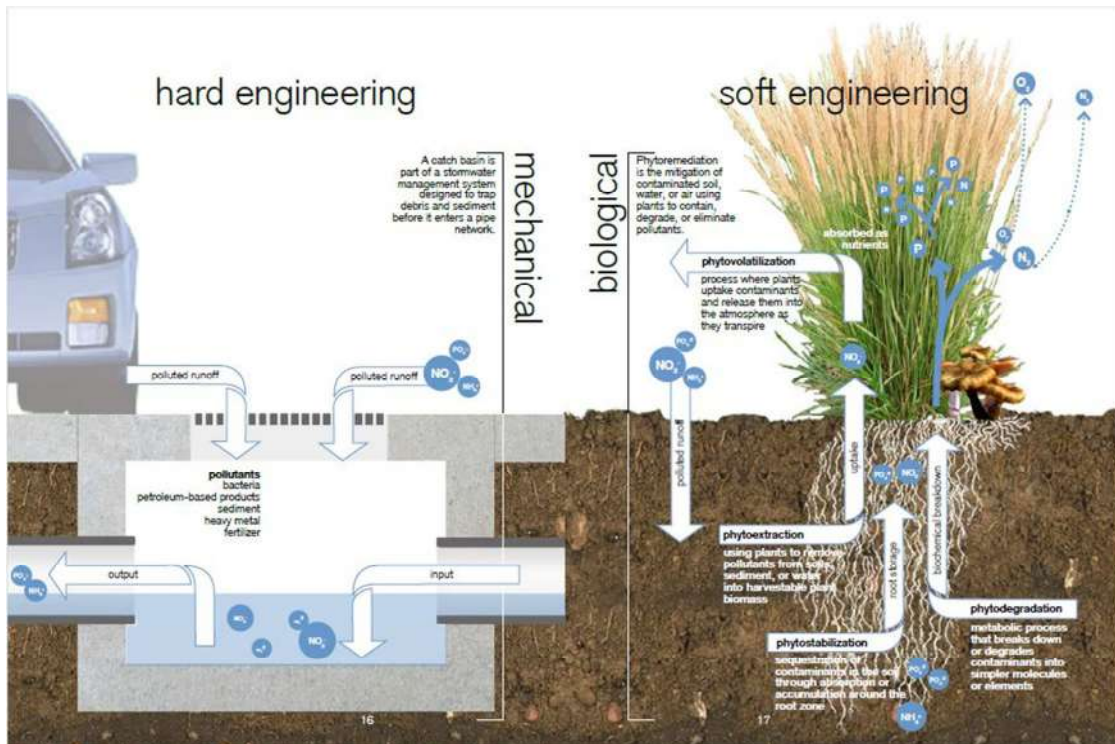


ATKINS



- formazione di suolo
- bilanciamento cicli dei nutrienti
- riduzione carico inquinante sfruttando i processi naturali di fitoestrazione (phytoextraction), fitostabilizzazione (phytostabilization), fitodegradazione (phytodegradation), fitovolatilizzazione (phytovolatilization), come mostrato in
- Figura 4
- pollinazione
- aumento biodiversità
- produzione di biomasse
- aumento aree ricreative
- educazione ambientale

In particolare, l'adozione di tecniche di Soft engineering al drenaggio urbano permette di ridurre i carichi inquinanti dovuti alle acque di runoff il più possibile in situ, evitando di trasferire semplicemente gli inquinanti prodotti dalle aree pavimentate urbane ai corsi d'acqua come avviene con un approccio di hard engineering, come mostrato in Figura 5. Un confronto tra i servizi forniti dalla Hard Engineering e la Soft Engineering sono riassunti in Tabella 2.





Comune di Bologna



ATKINS



Figura 4. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini di processi per la riduzione dei carichi inquinanti generati. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas*

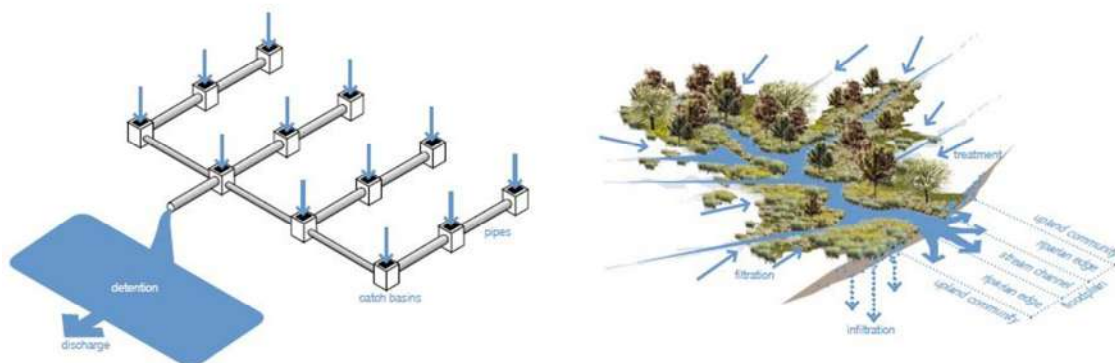


Figura 5. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini approccio. Hard engineering (a sinistra): drenaggio-ritenzione-scarico. Soft engineering (a destra): rallentamento-diffusione-trattamento in situ. di processi per la riduzione dei carichi inquinanti generati. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas*

	Hard Engineering	Soft engineering
Costi di realizzazione	possono ritenersi sostanzialmente equivalenti; in molti casi in realtà con le BMPs si riesce a ridurre l'adozione di grossi diametri nelle fognature di raccolta, con costi complessivi in molti casi minori.	
Controllo degli allagamenti su scala locale	Sì	Sì
Controllo dell'erosione e delle piene a valle	No	Sì
Possibilità di riuso dell'acqua	No	Sì
Rimozione degli inquinanti	Bassa	Elevata
Miglioramento del tessuto urbano	No	Sì

Tabella 2. Confronto tra Hard Engineering e Soft Engineering in termini servizi forniti.

Si riporta, inoltre, che i benefici in termini di servizi ecosistemici di una approccio con soft-engineering sono stati di recente evidenziati dal lavoro di Lique et al. (2016) sviluppato nell'ambito del progetto EU OpenNESS (www.openness-project.eu), dove i maggiori benefici ottenuti dall'impianto fitodepurazione al servizio dello sfioratore da fognatura mista di Gorla Maggiore (VA) sono risultati evidenti rispetto all'adozione di vasche di prima pioggia o all'assenza di intervento mantenendo il pioppeto esistente (Figura 20). Lo svantaggio di questi sistemi è che sono di tipo estensivo, cioè occupano ampie superfici.



Comune di Bologna



European
Investment
Bank

ATKINS



IRIDRA

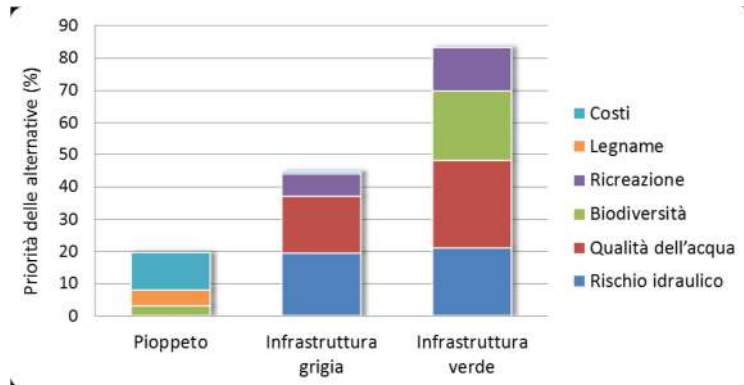


Figura 6. Confronto tra i benefici forniti dall'utilizzo di infrastrutture verde (fitodepurazione), grigia (vasca di prima pioggia) e assenza di intervento (pioppeto esistente) in termini di servizi ecosistemici. Fonte: Liqueste et al. (2016)

Le soluzioni tecniche adottate dall'approccio di Soft Engineering sono catalogate sotto diverse nomenclature, quali ad esempio "LID - Low Impact Development", "SuDS - Sustainable Urban Drainage Systems" o "NWRM - Natural Water Retention Measures", a seconda dei diversi gruppi di ricerca che le hanno studiate (Fletcher et al., 2015). Questa linea guida fa riferimento alla nomenclatura SuDS, in seguito al recente "The SuDS Manual" di Woods Ballard et al. 2015. Dettagli su una serie di soluzioni tecniche SuDS sono riportati nel capitolo 4.

3. PROBLEMATICHE E SCALE DI APPLICAZIONE DELLE SOLUZIONI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (SUDS)

L'approccio mediante sistemi di drenaggio urbano sostenibili SuDS può essere applicato a diversi contesti, dalle singole abitazioni a una intera area urbana e sub-urbana, e con diversi livelli di naturalità e servizi ecosistemici offerti. Questo capitolo vuole mostrare questa variabilità e potenzialità. Per rendere più chiare le potenzialità di tale approccio innovativo, si è deciso di presentare dei campi di applicazione tipici per l'implementazione di SuDS, cioè parcheggi e strade, e come, partendo dallo stesso problema, sia possibile seguire schemi di implementazione dei SuDS più o meno diffusi.

3.1 Scale di applicazione di tecniche SuDS: Parcheggi

In aree a forte urbanizzazione i parcheggi rappresentano spesso estese superfici impermeabili, che danno un contributo importante allo sviluppo di volumi di runoff e allo squilibrio dell'equilibrio idrologico pre-urbanizzazione. Di conseguenza la riconversione di parcheggi esistenti, o la costruzione di nuovi, con un approccio con misure "Soft Engineering" rappresenta un'occasione per contribuire a ristabilire l'equilibrio pre-sviluppo, oltre a fornire un'occasione di riqualificazione e di arredo urbano.

Diversi approcci per drenare, laminare e infiltrare le acque di pioggia ricadenti sui parcheggi possono essere adottati, oscillanti da un livello minimo ad uno massimo di servizi ecosistemici aggiuntivi forniti, come mostrato in Figura 7. Come si vede in figura diverse tecniche SuDS possono essere usate, dalle pavimentazioni, ai fossi vegetati, dalle trincee filtranti agli stagni.



Figura 7. Diversi approcci SuDS per il drenaggio sostenibile della acque di pioggia dai parcheggi. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (riadattato)



Comune di Bologna



ATKINS



Seguendo la suddivisione proposta dal manuale LID (Huber, J., 2010) si possono identificare due approcci distinti per progettare un parcheggio con Soft Engineering:

- *Pixelated Parking* (Parcheggio pixellato)
- Parking Garden (bio-parcheggi)

Il **Pixelated Parking** (Figura 8) è la soluzione più adeguata per adattare parcheggi esistenti, in cui le superfici impermeabili per i posti auto vengono sostituite da pavimentazioni drenanti, le quali possono essere progettate per infiltrare completamente o parzialmente le acque raccolte, oppure, in assenza di infiltrazione, semplicemente per laminarle e limitare il quantitativo di acque che finiscono in fognatura. Nell'operazione di adattamento di parcheggi esistenti è possibile anche immaginare due aree distinte, come mostrato in Figura 8: una di utilizzo giornaliero dei parcheggi, in cui limitare gli interventi SuDS alle sole pavimentazioni drenanti; una di utilizzo più rado in corrispondenza dei periodi di picco di visite, in cui aumentare l'inserimento di soluzioni SuDS più naturali quali canali vegetati, trincee filtranti e aree di ritenzione vegetale.



Figura 8. Esempio di Pixelated Parking. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (riadattato)

I **Parking Gardens** invece risultano la soluzione più interessante a livello di ottimizzazione dei servizi ecosistemici forniti dalle soluzioni SuDS, permettendo di pensare i parcheggi non solo in termini funzionali di luogo di sosta per le auto, ma come veri e propri spazi verdi fruibili (Figura 9). Infatti, se da un lato a parità di superficie si ha un minor numero di posti auto, dall'altro aree in precedenza pensate solo per posteggiare le auto diventano parchi a tutti gli effetti, con trin-



Comune di Bologna



ATKINS



cee filtranti e canali vegetati che convogliano le acque di pioggia in stagni. Gli stagni stessi, oltre a permettere una maggiore biodiversità, possono essere utilizzati per raccogliere le acque di pioggia ai fini di riuso sia esterno, per esempio per irrigare il verde, che interno, come ricarica degli sciacquoni dei WC di centri commerciali e abitazioni o per l'antincendio. Non va dimenticato inoltre che i Parking Gardens contribuiscono, grazie alla vegetazione presente, a ridurre le isole di calore estive aumentando la fruibilità dell'area. Infine, se progettati in modo appropriato, permettono di sfruttare al massimo i processi fitodepurativi che avvengono nelle aree di bioritenzione, riducendo al minimo il rischio di scarico di inquinanti nei corpi idrici.



Figura 9. Esempio di Garden Parking. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (riadattato)

3.2 Scale di applicazione di tecniche SuDS: Strade

Usualmente le strade occupano il 25 per cento della superficie impermeabile urbana (Huber, J., 2010). Esse sono abitualmente progettate, dal punto di vista idraulico, mediante l'installazione di caditoie e fognature bianche che hanno lo scopo di drenare in modo efficiente le acque di pioggia su esse ricadenti ai fini di mantenere la sicurezza di guida anche durante eventi di pioggia. In questo modo però le strade hanno un forte impatto sui corpi idrici riceventi le acque di pioggia drenate, non rispettando il principio di invarianza idraulica e contribuendo al deterioramento dello stato di qualità per via degli inquinanti veicolati per effetto di first flush. Le soluzioni tecniche classiche adottate per far fronte a questi effetti, cioè vasche di prima pioggia e vasche



Comune di Bologna



ATKINS



volano (descritte brevemente nel capitolo successivo inerente agli scarichi), possono essere anche in questo caso sostituite da soluzioni SuDS atte a massimizzare i benefici dei servizi ecosistemici da esse forniti.

In analogia al caso dei parcheggi, anche in questo caso si possono identificare interventi meno invasivi per strade convenzionali ripensate in ottica SuDS e, seguendo la classificazione del manuale LID (Huber, J., 2010), interventi più intensivi con strade progettate come *Greenways* (letteralmente strade-verdi).

Nel caso di **strade convenzionali ripensate con l'ottica di adozione di tecniche SuDS** (Figura 10), le aiuole e le zone alberate spesso presenti lungo le strade come elemento di arredo, potrebbero essere riadattati per laminare e infiltrare le acque di pioggia drenate dalle strade. Se di nuova costruzione, basterebbe semplicemente evitare i cordoli e permettere alle acque scolate dalle strade di infiltrarsi nelle aree a verde, come ad esempio mostrato in Figura 11. Nel caso invece di riadattare strade esistenti, può essere sufficiente in molti casi posizionare aperture lungo i cordoli stradali per permettere l'infiltrazione delle acque nelle aree a verde (mantenute ad un livello un po' più basso rispetto alla sede stradale), chiudendo i tombini e utilizzando la rete bianca esistente come troppo pieno una volta che venga ecceduta la capacità di laminazione e infiltrazione dell'area di ritenzione. Esempi di aperture dei cordoli stradali per la raccolta delle acque di pioggia sono mostrati in Figura 12.

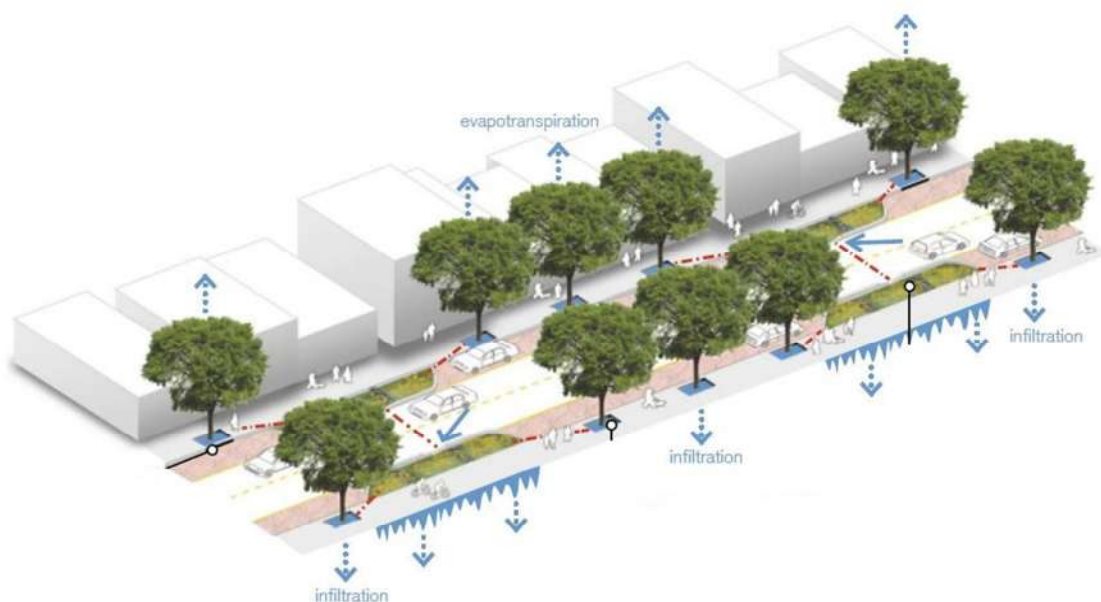


Figura 10. Esempio di strade convenzionali ripensate in ottica SuDS. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (riadattato)



Comune di Bologna



ATKINS

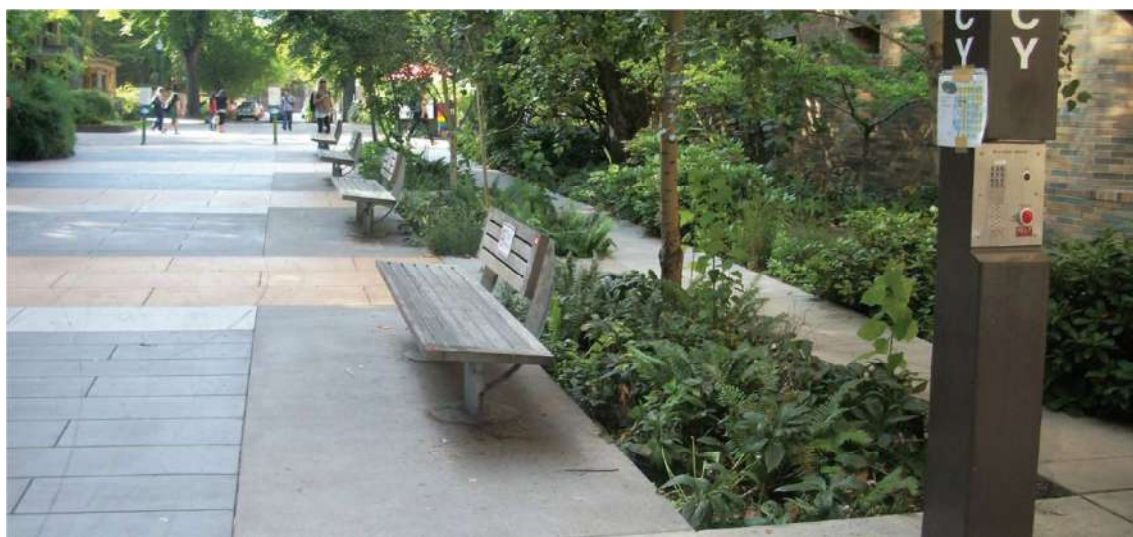


Figura 11. Esempio di strada senza cordoli per il convogliamento delle acque di pioggia nelle aree di infiltrazione. Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"

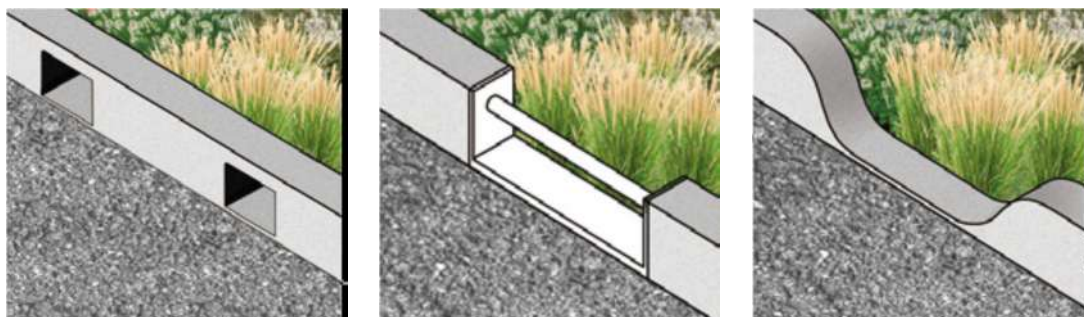


Figura 12. Esempi di aperture nei cordoli stradali per raccolta acque di pioggia stradali. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas

Nel caso delle **Greenways** (Figura 13), in analogia coi Parking Gardens, la strada viene ripensata come un'occasione per creare spazi verdi fruibili per mezzo di aree di ritenzione vegetata e stagni. In questo modo l'impatto della strada sulla possibilità di fruizione pedonale dell'area viene minimizzato, l'impatto delle acque di runoff sui corpi idrici è limitato, e risulta un equilibrio tra necessità di viabilità stradale, fruizione dell'area e aumento della biodiversità.



Comune di Bologna



ATKINS

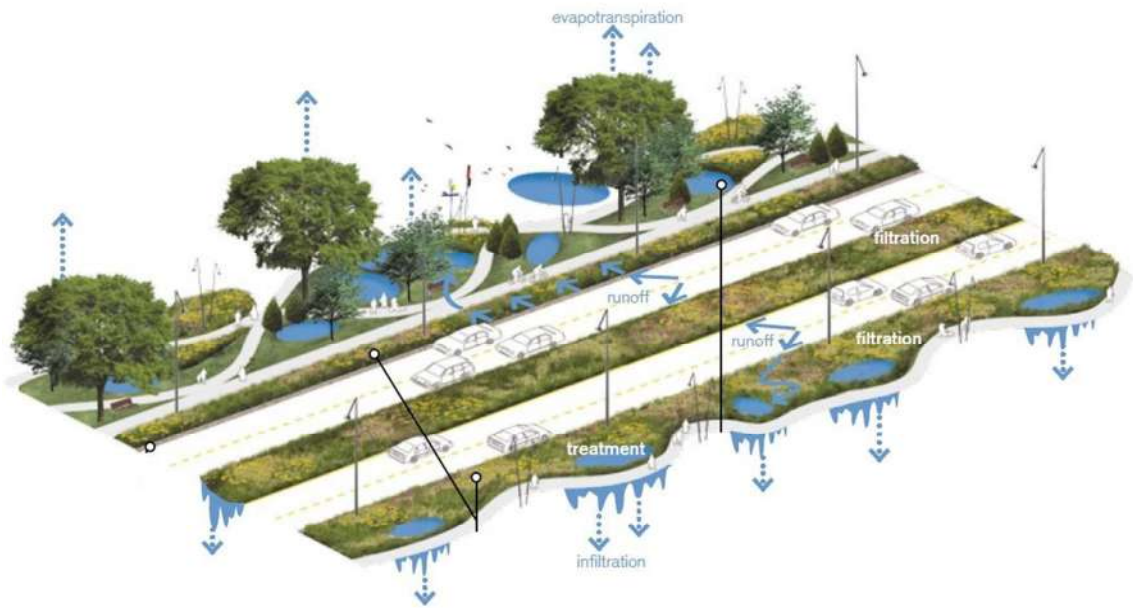


Figura 13. Esempio di Greenways. Fonte: Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas* (riadattato)

4. LE TECNICHE SUDS

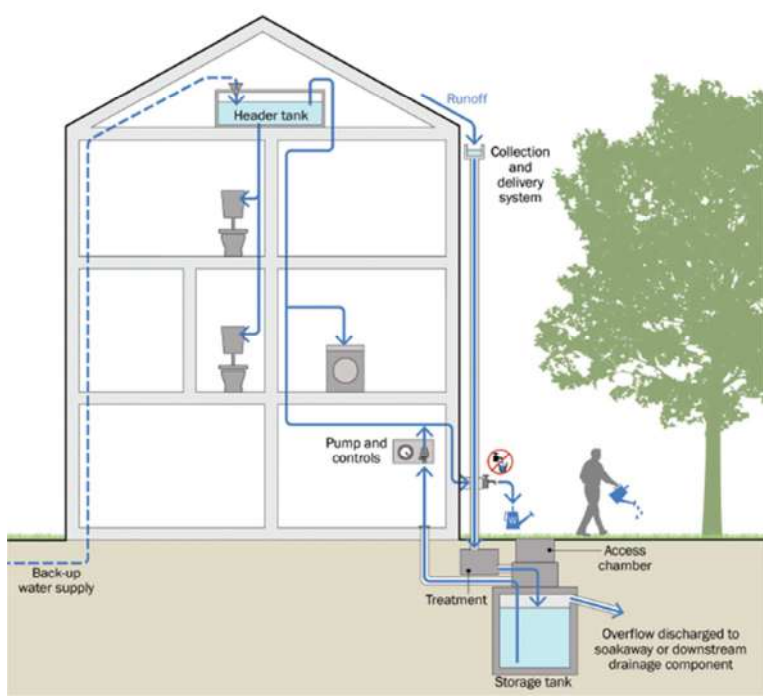
4.1 Schede tecniche

Le soluzioni tecniche a disposizione per il drenaggio urbano sostenibile (SuDS) sono molteplici. In questo capitolo si analizzano principalmente soluzioni basate sull'implementazione di sistemi naturali, dati i maggiori benefici forniti nella dell'adattamento al cambiamento climatico della gestione delle acque. Sono state scelte dieci tecniche, per ognuna di esse è stata compilata una scheda comprendente:

- Descrizione con schema grafico
- Vantaggi e Svantaggi
- Tipologie (dove presenti più di una)
- Posizionamento ottimale
- Limiti di utilizzo
- Indicazioni dimensionali e progettuali
- Aspetti manutentivi
- Esempi

Le schede e le tecniche proposte sono le seguenti:

- **Scheda T1:** Recupero delle acque meteoriche (*Rainwater harvesting*)
- **Scheda T2:** Trincee infiltranti (*Infiltration trenches*)
- **Scheda T3:** Fasce filtranti (*Filter strips*)
- **Scheda T4:** Dreni filtranti (*Filter drains*)
- **Scheda T5:** Canali vegetati (*Swales*)
- **Scheda T6:** Aree di bioritenzione vegetata (*Bioretention areas*)
- **Scheda T7:** Box alberati filtranti (*Tree box filter*)
- **Scheda T8:** Pavimentazioni permeabili (*Pervious pavement*)
- **Scheda T9:** Bacini di detenzione (*Detention basins*)
- **Scheda T10:** Stagni e zone umide/fitodepurazione (*Ponds and Wetlands*)

RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)	SCHEDA T1
DESCRIZIONE La raccolta delle acque meteoriche provenienti, ad esempio, dai tetti di un edificio o da qualsiasi altra superficie, prevede la raccolta delle acque piovane, il filtraggio (l'eventuale trattamento se necessario) e il riutilizzo per attività che, tipicamente, non richiedano una qualità delle acque che rispetti i criteri di potabilità. Il riutilizzo può essere sia in interno (ad esempio per la ricarica degli sciacquoni dei WC) che esterno (ad esempio per irrigazione delle aree verdi) all'edificio. L'acqua meteorica, raccolta attraverso specifici sistemi, passa attraverso un filtro che elimina i detriti e viene immagazzinato in una vasca di accumulo per essere poi pompata e inviata dove necessario. Nel caso di voglia garantire una maggiore qualità delle acque volte al riuso, o nel caso le acque di pioggia provengano da superfici maggiormente inquinate, è bene aggiungere in testa al serbatoio un area di bioritenzione (Scheda T6). L'acqua in eccesso in arrivo al serbatoio può essere smaltita collegando la tubazione di troppo pieno a sistemi di infiltrazione come ad esempio trincee filtranti (Scheda T3) o direttamente alla fognatura mista o alla fognatura delle acque meteoriche. 	
COMPONENTI PER UN SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE <i>Sistema di raccolta</i> Composto da superficie di raccolta, converse, canali di gronda, bocchettoni, pluviali, pozzetti di drenaggio, caditoie, tubazioni di raccordo. <i>Filtro</i> Viene utilizzato per bloccare detriti nell'acqua (come foglie e sporcizia) dall'ingresso nel serbatoio dell'acqua. Dispositivi di questo genere vanno dalle semplici griglie per il trattenimento del fogliame da installare sulle calate a sistemi di filtrazione autopulenti posti in pozzetti interrati, in grado di intercettare la maggior parte dei solidi contenuti nelle acque di pioggia. L'efficienza di recupero di questi dispositivi è generalmente intorno al 70-80%, poiché parte delle acque di pioggia viene separata, utilizzata per	



Comune di Bologna



ATKINS



RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)		SCHEDA T1
l'autopulizia dei filtri e smaltita in fognatura. <i>Aree di bioritenzione o rain gardens (opzionali)</i> Da prevedere a monte del serbatoio nel caso si voglia garantire una maggiore qualità delle acque da recuperare o se le stesse provengano da superfici dilavanti maggiormente inquinate (vedasi schede T6 e T9 per maggiori dettagli) <i>Serbatoio di accumulo con scarico di troppo pieno</i> Per immagazzinare l'acqua raccolta dal tetto o da altre superfici è necessario un serbatoio di accumulo di dimensioni che possono variare a seconda dello spazio disponibile e di ciò per cui è utilizzato. Può essere interrato o posto sul lato dell'edificio. Per una proprietà domestica, il serbatoio può essere direttamente alimentato dalle grondaie che circondano la casa. <i>Pompa</i> Per i sistemi interrati è necessaria una pompa per dirigere l'acqua dove necessario (i sistemi alimentati con gravità non hanno bisogno di una pompa) <i>Sistema di distribuzione (dotato di sistema di reintegro con acqua potabile).</i> Sarà necessario installare un sistema di tubi per l'approvvigionamento idrico, collegandosi ad aree come WC, lavatrice e sistemi di irrigazione		
VANTAGGI - Possibilità di recupero delle acque di pioggia - Minori acque scaricate in fognatura, con conseguente funzionamento più efficiente della stessa e riduzione dell'impatto delle piogge		SVANTAGGI - Necessità di energia elettrica per pompaggio acque accumulate (solo in serbatoi che prevedono un pompaggio per il riuso, come ad esempio i serbatoio interrati) - Necessità di rete duale nel caso di recupero delle acque meteoriche interno agli edifici (ad esempio sciacquoni dei WC)
TIPOLOGIE di FILTRI Nei casi più comuni, per il trattamento delle acque meteoriche provenienti dai tetti, è sufficiente un'efficace azione di filtrazione da applicare a monte dell'accumulo. Esistono in commercio numerose tipologie di filtri che variano a seconda: - Del punto d'installazione (sui pluviali, fuori terra, interrato, integrato al serbatoio, ecc.); - Del principio di intercettazione del materiale - Della presenza di dispositivi automatici di risciacquo per eliminare il materiale intercettato Nella tabella seguente vengono descritte tre tipologie di filtri tra le più utilizzate: - Filtro per applicazione su pluviale - Filtro centrifugo - Filtro autopulente		

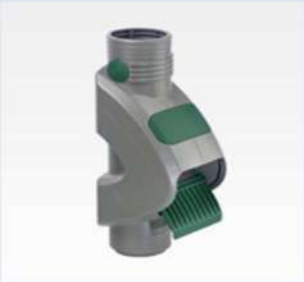
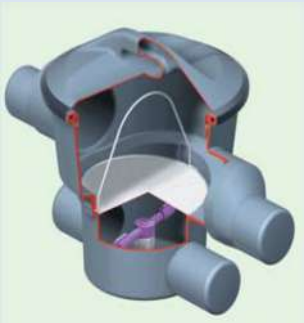


Comune di Bologna



ATKINS



RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)	SCHEDA T1
Filtro per applicazione su pluviale Dispositivo filtrante, installato direttamente lungo la condotta del pluviale, avente la stessa sezione della tubazione con all'interno un elemento di intercettazione costituito, in genere, da una griglia metallica che garantisce un'azione di filtraggio dei materiali più grossolani presenti nelle acque piovane di raccolta (sassolini, foglie, residui di tegole, detriti, ecc.) in condizioni di precipitazioni normali. La porzione d'acqua che penetra attraverso il filtro viene deviata esternamente al pluviale e inviata al serbatoio di stoccaggio, mentre i residui intercettati e dilavati dalla rimanente acqua vengono convogliati verso il sistema di smaltimento.	
Filtro centrifugo Dispositivo filtrante generalmente interrato composto da una camera filtrante accessibile mediante un'apertura superiore dotata di coperchio. L'acqua meteorica arriva tangenzialmente tramite pluviale, viene immessa nella camera filtrante dove, sfruttando il principio della velocità d'ingresso, viene filtrata da una griglia, che intercetta e separa gli eventuali corpi sospesi, e fatta defluire successivamente, convogliandola verso il serbatoio. I detriti separati vengono convogliati al centro in una tubazione raccordata e inviati al sistema di smaltimento.	
Filtro autopulente Dispositivo filtrante installabile sia in superficie che interrato. L'acqua si immette nel sistema a caduta, passa sul filtro e percola in gran parte nella zona sottostante depositando le impurità sulle maglie del setaccio; la quota restante d'acqua, proprio perché impedita a filtrare dalla presenza dei residui intercettati, produce un effetto di dilavamento su questi ultimi trascinandoli verso lo scarico di evacuazione collegato al sistema fognario. Alcuni modelli sono dotati di unità di contro-lavaggio ovvero di un dispositivo simile ad un irrigatore a braccia rotanti che, azionato manualmente, provvede a ripulire il filtro con un getto d'acqua di rete spruzzata in senso opposto a quello di caduta. L'efficienza del sistema dipende in gran parte dalla pulizia periodica del filtro a cui si può accedere attraverso il coperchio del chiuso.	
POSIZIONAMENTO OTTIMALE I sistemi di raccolta dell'acqua meteorica possono essere utilizzati: - in zone residenziali, commerciali e industriali	



Comune di Bologna



ATKINS



RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)	SCHEDA T1
- per nuove realizzazioni o riqualificazione Il posizionamento dei serbatoi è influenzato da una serie fattori: - dimensione del serbatoio stesso - accesso al serbatoio per manutenzione - necessità di controllare la temperatura dell'acque per limitare il rischio di congelamento in inverno e lo sviluppo di biofilm d'estate - vicinanza all'edificio e alle fondazioni dello stesso - presenza di sottoservizi - caratteristiche geotecniche del terreno - posizione della falda (rischio galleggiamento e schiacciamento del serbatoio con falda alta)	
LIMITI DI UTILIZZO Non è raccomandato l'uso di questi dispositivi se le acque di deflusso possono venire a contatto con elementi contaminanti (ad esempio aree di lavaggio mezzi, aree stradali ad alto traffico veicolare). E' possibile prevedere di scaricare la prima parte del volume di runoff, quella più contaminata (effetto first flush), per limitare il rischio di contaminazione delle acque raccolte.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Per il dimensionamento del sistema è necessario scegliere il <u>grado di fabbisogno desiderato</u>; si può distinguere fra 3 livelli di servizio: - <i>Intermittente</i> Il sistema è attivo solo nel periodo di massima piovosità - <i>Parziale</i> Il sistema è attivo tutto l'anno per coprire una certa percentuale dei fabbisogni dell'utente - <i>Completo</i> Il sistema è attivo tutto l'anno e soddisfa il fabbisogno completo dell'utente Quale che sia il livello di servizio per cui è stato progettato il sistema, è bene sempre prevedere un <u>sistema duale</u> per la ricarica del serbatoio con acque da acquedotto (o da pozzo) nel caso di prolungati periodi di siccità, specialmente se si prevede di riutilizzare le acque raccolte per servizi primari quali, ad esempio, la ricarica degli sciacquoni dei WC. Altri parametri di interesse per il dimensionamento, a seconda del <u>collocamento del serbatoio di accumulo</u> (su solaio per alimentazione a gravità, o interrato per alimentazione con pompaggio; interno o esterno all'edificio) sono: - Capacità strutturale dell'edificio (per serbatoi su solaio che alimentano a gravità) - Pressione massima per riutilizzo	



Comune di Bologna



ATKINS



RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)	SCHEDA T1
- Temperatura delle acque raccolte (la quale può essere problematica, per esempio, in serbatoio esterni posti a temperature al di sotto di 0°C) A seconda del <u>tipo di riutilizzo delle acque raccolte</u>, si può decidere di: - Pompate le acque raccolte ad un serbatoio di testa, per un riutilizzo delle acque più controllato ed efficiente - Alimentare direttamente con le acque raccolte E' bene sempre porre attenzione alla <u>tipologia di acque raccolte</u> e se esse possano essere in qualche modo contaminate con inquinanti. Ad esempio, le acque raccolte da tetti realizzati con rame o zinco, o trattati con fungicidi od erbicidi (ad esempio in tetti verdi intensivi) potrebbero essere non ad particolari tipologie di riuso. E' bene prevedere che il <u>troppo pieno</u> collegato alla fognatura sia provvisto di un sifone affinché i gas fognari non risalgano al serbatoio. Per escludere il ritorno d'acqua dalla fognatura piovana o mista deve essere installata una valvola di non ritorno a seconda della quota del troppo pieno. Nella scelta del <u>tipologia di materiale del serbatoio</u> (tipicamente in materiale plastico o cemento armato) è bene considerare: - La necessità di protezione del materiale del serbatoio da agenti corrosivi presenti nelle acque raccolte o dovute ad eventuali disinfettanti usati - La vita utile del materiale - La resistenza al galleggiamento (in caso di falda alta) - La resistenza strutturale - La semplicità di manutenzione nel caso di alimentazione con acque contaminate - Estetica (se serbatoio esterno) <i>Dimensionamento</i> - <i>Volume acqua necessario</i> Da calcolare in base alla tipologia di utilizzo e dagli impieghi delle acque recuperate (irrigazione, cassette di risciacquo dei WC, elettrodomestici, etc.). - <i>Volume acqua recuperabile</i> Da calcolare in base alla superficie dei tetti e il valore di pioggia medio annuo - <i>Dimensionamento serbatoio</i> Da calcolare in base ai bilanci idrici su scala mensile, stimando gli ingressi (le acque di pioggia raccolte) e le uscite (quindi i fabbisogni di acque meno pregiate, eventuali perdite per evaporazione, evapotraspirazione, ecc.) Quando l'impianto di recupero di acque piovane è progettato ai soli fini di sostentamento della richiesta idrica degli abitanti della casa, due approcci speditivi sono suggeriti dal SuDS Manual 2015 del CIRIA: 1. serbatoio dimensionato in modo da contenere il 5% delle acque medie annuali recuperabili dalle sulle superfici intercettanti (in questo caso i tetti) 2. serbatoio dimensionato in modo da contenere il 5% delle acque medie annuali richieste	

RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE (<i>Rainwater harvesting</i>)	SCHEDA T1
dall'abitazione Si noti che il 5% è assunto come soglia per considerare 18 giorni annui (5% dei giorni in un anno) in cui possano non essere presenti piogge consecutive e si voglia garantire lo stesso l'accumulo necessario alle richieste idriche dell'abitazione.	
ASPETTI MANUTENTIVI La lista di seguito riportata è solo indicativa e non esaustiva. Alcune delle operazioni potrebbero essere necessarie sia con una frequenza maggiore che minore, rispetto a quella riportata. <i>Trimestrale</i> - Pulire e riposizionare i filtri se non sono dotati di dispositivo autopulente <i>Annualmente (o dopo eventi meteorici intensi)</i> - controllare la funzionalità del sistema, dalle opere di raccolta ai sistemi di distribuzione - verificare le apparecchiature elettromeccaniche - verificare la qualità dell'acqua all'interno del serbatoio - controllare il serbatoio per verificare il non accumulo di detriti e sedimenti - controllare le opere di alimentazione, distribuzione e troppo pieno - controllare l'assenza fenomeni erosivi in aree di scarico del troppo pieno <i>Ogni 5-10 anni</i> - effettuare la pulizia del serbatoio - sostituzione o manutenzione straordinaria delle pompe di alimentazione (se presenti)	
ESEMPI Esempio di serbatoio di grandi dimensioni nello scantinato di un edificio  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" Esempio di serbatoio di piccole dimensioni, alimentato direttamente dai pluviali  Fonte: Huber, J., 2010. <i>Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas</i>	



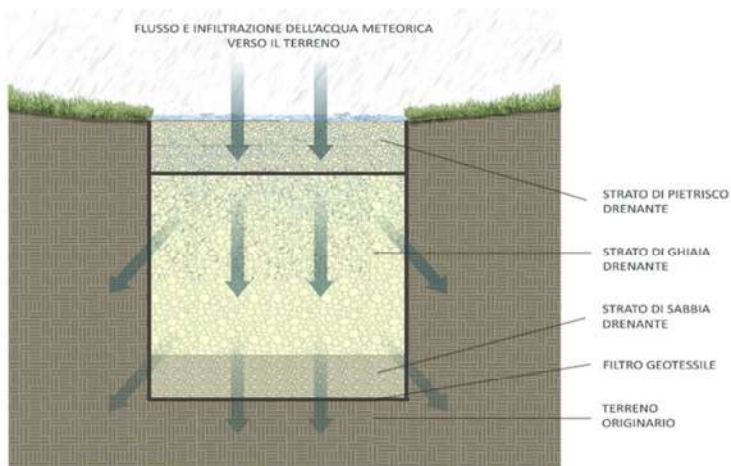
Comune di Bologna



ATKINS



TRINCEE INFILTRANTI (<i>Infiltration trenches</i>)	SCHEMA T2
DESCRIZIONE Le trincee infiltranti vengono realizzate con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di runoff attraverso la superficie superiore della trincea e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo della trincea. Sono in grado di rimuovere un'ampia tipologia di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica. Sono costituite da scavi in trincea, in genere a sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità. L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante lo scavo viene completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto. La trincea viene dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo delle acque filtrate nel terreno sottostante dalle 12 alle 24 h successive alla fine dell'evento di pioggia, e quindi in funzione dei terreni esistenti nel sito di intervento, contribuendo così anche al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee.	
VANTAGGI - discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e assorbimento - ricarica delle acque sotterranee - limitate attività di manutenzione - basso fabbisogno di superficie (di regola meno del 10% della superficie impermeabile del bacino drenato) - buona capacità d'accumulo	SVANTAGGI - bassa capacità di laminazione; - possibilità di fuga delle sostanze oleose (a meno di non installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un disoleatore); - possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un elevato trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia.
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Sono particolarmente adatte in zone sia commerciali che residenziali a medio-alta densità, in cui l'area drenata sia inferiore a 2 ha e il tipo di suolo presente sia abbastanza permeabile da garantire una sufficiente velocità di infiltrazione.	





Comune di Bologna



ATKINS



TRINCEE INFILTRANTI (<i>Infiltration trenches</i>)	SCHEDA T2
Non vi sono particolari restrizioni per la destinazione d'uso delle superfici al di sopra della trincea.	
LIMITI DI UTILIZZO Il sistema di trincee filtranti <u>non</u> è adatto: - in terreni caratterizzati da carsismo, a meno di eseguire accurate indagini geologiche e geotecniche; - In terreni fortemente argillosi; - In aree con acquifero sensibile a inquinamento - vicino zone alberate poiché potrebbero causare l'intasamento della trincea, a meno di eseguire una manutenzione più frequente	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> La progettazione degli impianti d'infiltrazione deve tener conto soprattutto: - della permeabilità del terreno presente - delle caratteristiche della falda - dell'eventuale inquinamento delle acque meteoriche. I <u>criteri di dimensionamento idraulico</u> dei sistemi di infiltrazione necessitano di confrontare: - le portate in arrivo al sistema dove si fa riferimento a tempi più o meno lunghi (in funzione del grado di tutela della zona) e a piogge di breve durata e notevole intensità - la capacità di infiltrazione del terreno - l'eventuale volume invasato nel sistema Nel caso in cui le fasce filtranti siano inserite per <u>intercettare il runoff destinato a valle per eventi di pioggia frequenti e a bassa intensità</u>, tali soluzioni sono tipicamente dimensionate per intercettare fino a 5 mm di altezza di pioggia ricadente sull'area drenata. È buona regola prevedere a monte di una trincea filtrante un dispositivo in grado di effettuare il <u>pre-trattamento delle acque di pioggia</u>, quale ad esempio una trappola per sedimenti o una griglia, al fine di evitare che l'afflusso di sedimenti e materiale grossolano causi l'intasamento della trincea. Si consiglia di tenere la base della trincea ad almeno 1 metro di distanza dalla <u>falda acquifera</u> per i seguenti motivi: - per minimizzare il rischio di contaminazione da parte dell'acqua meteorica - ridurre il rischio di aumento del livello di falda durante eventi piovosi, con conseguente riduzione del volume utile della trincea infiltrante - per garantire una sufficiente area insatura tra la trincea e la falda, in modo da massimizzare la capacità di infiltrazione <i>Dimensionamento</i> A seguito della valutazione sopra citate si può procedere con il dimensionamento degli strati che compongono la trincea filtrante:	



Comune di Bologna



ATKINS



TRINCEE INFILTRANTI (<i>Infiltration trenches</i>)			SCHEDA T2
STRATO	FUNZIONE	MATERIALE / SPESSORE	
strato superficiale	trattenere i sedimenti più grossolani	pietrisco di pezzatura 20-30 mm per uno spessore totale di spessore 150-300 mm	
filtro di geotessuto	garantisce un effetto di filtrazione e previene l'intasamento della trincea.	geotessuto	
struttura di ghiaia	Favorisce l'infiltrazione delle acque filtrandole verso il terreno	ghiaia di pezzatura 40-75 mm	
strato di sabbia	trattiene i metalli pesanti: in particolare, zinco e piombo	spessore totale strato 150-300 mm	
filtro laterale	garantisce un effetto di filtrazione e previene l'intasamento della trincea.	geotessuto	

ASPETTI MANUTENTIVI

Manutenzione ordinaria

- ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento del filtro;
- rimozione di sedimenti accumulati e oli/grassi dai pretrattamenti;
- asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando intasato

Annualmente

- Pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbita

ESEMPI



Fonte: Haubner, S.M., 2001. Georgia Stormwater Management Manual.



Comune di Bologna



ATKINS



FASCE FILTRANTI (<i>Filter strips</i>)		SCHEDA T3
DESCRIZIONE Le fasce filtranti sono sistemi di pretrattamento naturale, solitamente abbinati a sistemi di drenaggio, in grado di bloccare parte dei solidi trascinati dalle acque di dilavamento e determinare la riduzione dei volumi di runoff attraverso l'infiltrazione su suoli permeabili. Sono costituite da fasce di terreno densamente vegetate con pendenza uniforme, progettate per trattene- nere e trattare le acque di scolo. Il manto vegetale che le ricopre rallenta la velocità dell'acqua e favori- sce la rimozione di inqui- nanti e solidi a seconda del- la densità della vegetazione e dai tempi di contatto, prima dell'infiltrazione. Le fasce filtranti possono preservare il carattere delle aree limitrofe, prevenendo l'erosione poiché lavorano sulla riduzione di velocità del flusso e sulla sua diffu- sione in una vasta area, for- nendo anche un ottimo ha- bitat per la fauna selvatica.		
Il diagramma illustra il funzionamento di una fascia filtrante. In alto, il "PERCORSO DELL'ACQUA METEORICA" è indicato da frecce verticali che cadono su una "FLUSSO DELL'ACQUA SU SUPERFICIE IMPERMEABILE". Una freccia orizzontale indica il "FLUSSO DELL'ACQUA VERSO SODI LIMITROFO". Sotto, l'acqua si infiltra attraverso un "STRATO DI PIETRISCO DRENANTE" e un "STRATO DI GHIAIA DRENANTE" nel "TERRENO ORIGINARIO". Le frecce verticali in basso sono etichettate "FLUSSO E INFILTRAZIONE DELL'ACQUA VERSO IL TERRENO".		
VANTAGGI - contenuti costi di costruzione - efficace sistema di pretrattamento - sistema atto a favorire la ricarica delle falde sotterranee - facilmente integrabile nel paesaggio	SVANTAGGI - generalmente possono essere impiegati solo come pretrattamento - poca attenuazione o riduzione significativa di flussi in caso di eventi meteorici abbondanti - necessita di ampi spazi	
TIPOLOGIE Sono possibili due varianti progettuali: - semplice fascia filtrante - fascia con rilevato permeabile situato al termine della fascia.; tale rilevato, aumentando il tempo di contatto con l'acqua, consente una riduzione della lunghezza complessiva della striscia filtrante.		
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Le fasce filtranti, data la loro forma, sono facilmente integrabili con l'ambiente circostante di zone resi- denziali, commerciali, industriali. La loro applicazione è particolarmente indicata per: - spazi pubblici aperti; - parcheggi;		



Comune di Bologna



ATKINS



FASCE FILTRANTI (<i>Filter strips</i>)	SCHEDA T3
- strade e vialetti Piante e fiori locali possono essere introdotte per migliorarne l'estetica e per favorire la creazione di habitat per la fauna selvatica. E' necessario integrarle correttamente nel contesto urbano e paesaggistico, in modo da evitare che le attività dell'area non ne compromettano la funzionalità. E' da evitare l'uso delle fasce filtranti come postazioni per auto e motocicli, mentre il traffico pedonale e ciclistico deve essere minimo. Le fasce filtranti devono essere progettate e posizionate con un corretto orientamento, preferibilmente in zone soleggiate, per permettere al terreno di asciugarsi e rimanere asciutto tra gli eventi meteorici. Si deve porre, inoltre, attenzione a <u>non</u> posizionarle in zone con eccessiva ombreggiature, onde evitare di limitare la crescita dell'erba.	
LIMITI DI UTILIZZO Le fasce filtranti devono essere impermeabilizzate nel caso in cui servano zone dove l'acqua piovana possa convogliare un significativo carico di inquinanti, dato il rischio di contaminazione della falda acquifera; alcuni esempi di aree critiche per l'implementazione delle fasce filtranti non impermeabilizzate sono: - snodi stradali; - siti che ospitano attività di stoccaggio di materiali da costruzione o attività che potrebbero disturbare la superficie del suolo Le fasce filtranti sono di più difficile utilizzo in aree ripide. Questa tipologia di trattamento comunque deve essere impiegata solo nel caso di piccole superfici drenate o in abbinamento con altre tecniche, ad esempio trincee filtranti (Scheda T2) o aree di bioritenzione vegetata (Scheda T6).	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Nonostante le fasce filtranti siano sistemi dal semplice funzionamento, la progettazione deve essere accurata onde evitare il <u>malfunzionamento</u> delle stesse, tipicamente dovuto a seguenti fattori: - intasamento dei pori dello strato vegetale, con conseguente mancata infiltrazione o attivazione di percorsi preferenziali e distribuzione non uniforme del flusso sulla fascia - non corretta realizzazione; la mancanza di un gradino (minimo 50 mm) prima dell'alimentazione della striscia, fenomeni erosivi localizzati o aree di ristagno per via una non perfetta inclinazione della fascia Nel caso di utilizzo di <u>fasce filtranti in aree con acquifero sensibile all'inquinamento</u>, tali soluzioni possono essere impermeabilizzate ed utilizzate come pretrattamento e convogliamento delle acque di pioggia ad una unità SuDS successiva. In caso di <u>possibilità di infiltrazione</u>, le componenti da considerare in fase di progettazione sono:	



Comune di Bologna



ATKINS



FASCE FILTRANTI (*Filter strips*)

SCHEDA T3

- caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche del terreno
- distanza dall'acquifero (minimo 1 m)

Nel caso in cui le fasce filtranti siano inserite per intercettare il runoff destinato a valle per eventi di pioggia frequenti e a bassa intensità, tali soluzioni sono tipicamente dimensionate per intercettare fino a 5 mm di altezza di pioggia ricadente sull'area drenata.

Attenzione deve essere data alla tipologia di manto erboso utilizzato, il quale deve essere in grado di sopportare periodi prolungati sia di siccità che di piogge, oltre all'accumulo di sedimenti e detriti. Il manto erboso deve essere, inoltre, tollerante ad alte concentrazioni saline nel caso di utilizzo delle fasce filtranti per acque piovane provenienti da strade a rischio gelo invernale (spargimento di sale anti-gelo). E' sconsigliato invece la messa a dimora di arbusti ed alberi, onde evitare di modificare il flusso generato al di sopra delle fasce filtranti.

Dimensionamento

Ipotizzando un'area da drenare di 50 m lineari, per garantire il corretto funzionamento della fascia, l'area di drenaggio deve essere dimensionata indicativamente come i valori della tabella sotto riportata:

Parametro	Valori indicativi di dimensionamento per un area drenata lineare di 50 m
Larghezza totale	5 m – 15 m
Pendenza	2% – 5% Per pendenze maggiori è necessario inserire dei piccoli sbarramenti con salto (p.es. in muratura, pietrame o legno)
Strato di terreno superficiale	150 mm (Minimo)
Strato di terreno sottostante	300 mm (Minimo)
Larghezza totale	5 m – 15
Velocità massime consentite per limitare rischi di erosione	1,5 m/s

ASPETTI MANUTENTIVI

Sono necessari controlli e manutenzione regolari per impedire l'intasamento per sedimenti e / o detriti. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi.

Tipicamente, le fasce filtranti non richiedono fertilizzazione, la quale è da evitare in caso di posiziona-



Comune di Bologna

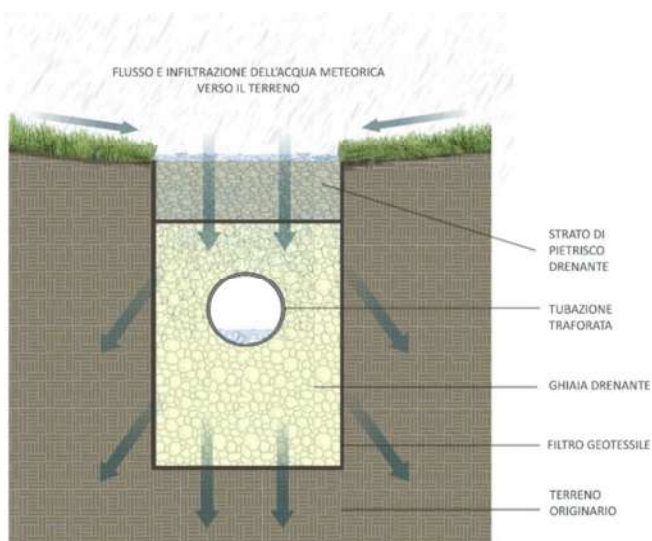


ATKINS



FASCE FILTRANTI (<i>Filter strips</i>)	SCHEDA T3
mento delle fasce in aree di acquifero sensibile. <i>Mensilmente</i> - falciatura; - ispezione della vegetazione per evitare la formazione di vie di scorrimento preferenziali. - rimozione dei rifiuti / detriti - rimozione piante infestanti <i>Occasionale</i> - risemina in caso di limitata crescita del manto erboso <i>Riparazioni</i> - ristabilire corrette pendenze in caso di erosione	
ESEMPI  <i>Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"</i>	

DRENI FILTRANTI (<i>Filter drains</i>)	SCHEMA T4
DESCRIZIONE I dreni filtranti sono delle trincee foderate di geotessile e riempite di ghiaia, in grado di contenere, stoccare e filtrare temporaneamente le acque di pioggia e le acque della superficie drenata. Possono essere impermeabili (se necessario) o possono permettere l'infiltrazione nel suolo, a seconda delle caratteristiche geotecniche del terreno e della posizione della falda. Le acque di pioggia drenate vengono raccolte tramite canalette laterali e addotte ad un canale di raccolta delle acque meteoriche. Sul fondo di tale canale viene ricavata una trincea filtrante che garantisce un certo filtraggio del deflusso, catturando sedimenti, sostanze organiche e residui di olio. L'acqua raccolta in parte filtrerà nel sottosuolo e in parte verrà convogliata verso l'uscita, facendola eventualmente affluire o alla fognatura pubblica o in un altro sistema di ritenzione o trattamento prima dello scarico in un corpo idrico. Le acque di seconda pioggia verranno poi smaltite dal canale una volta che, saturata la capacità di filtrazione della trincea, si instaura una componente di moto orizzontale. Come per i canali vegetati (Schema T5), i dreni filtranti possono essere utilizzati al posto delle classiche tubazioni di fognatura, permettendo di convogliare le acque pioggia senza l'utilizzo di caditoie, cordoli o pozzetti stradali. Sono tipicamente usati per convogliare le acque di pioggia ad altre componenti SuDS come aree di bioritenzione (Schema T6), bacini di detenzione (Schema T9), o stagni e zone umide (Schema T10). Va comunque, tipicamente, sempre prevista una tubazione di troppo pieno per eventi meteorici intensi.	
VANTAGGI - compattezza dell'intervento; - discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento; - ricarica delle acque sotterranee; - scarsa manutenzione - possibilità di riduzione dell'estensione rete fognaria bianca	SVANTAGGI - bassa capacità di laminazione (risolvibile incrementando i volumi invasati nei canali e introducendo una bocca tarata alla confluenza con i corpi idrici); - possibilità di fuga delle sostanze oleose (risolvibile installando uno scolmatore e un disoleatore) - possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un alto trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia.



DRENI FILTRANTI (<i>Filter drains</i>)	SCHEDA T4
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Normalmente i dreni filtranti sono adottati nell'ambito di piccole aree urbanizzate impermeabili, sono facilmente integrabili negli spazi pubblici e nell'ambiente circostante. Se preceduti da un sistema di pretrattamento filtrante, possono essere usati per drenare acque di runoff da aree con falde acquifere soggette a rischio di inquinamento. I dreni filtranti sono, perciò, adatti vicino a: - parcheggi - strade Nel caso non sia previsto un sistema di pretrattamento, ma venga incluso nella progettazione del dreno un manufatto per la raccolta dei sedimenti grossolani, tale soluzione è da considerarsi adatta soprattutto in: - aree impermeabilizzate con basso livello di runoff	
LIMITI DI UTILIZZO L'uso dei dreni filtranti è ristretto a siti senza pendenze significative, quest'ultime non devono eccedere il 2% di pendenza perché il flusso dell'acqua mantenga una velocità tale da permettere il processo di stoccaggio e filtraggio dei vari inquinanti. Per un corretto funzionamento è necessario un utilizzo intermittente dei dreni filtranti, per permettere il drenaggio e la re-areazione del dreno stesso. I dreni filtranti sono perciò da evitare in caso di flusso continuo dovuto a falda alta o ad altre fonti. Possono essere inseriti in aree dove i sistemi vegetali sono impraticabili a condizione che sia incluso un accesso sufficiente per l'ispezione e la manutenzione. Nonostante lo strato di ghiaia garantisca una capacità di rimozione una serie di inquinanti, <u>non</u> è consigliato l'utilizzo dei dreni filtranti come meccanismo diretto di rimozione dei sedimenti, onde evitare un rapido intasamento dei pori.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Il dimensionamento dei dreni filtranti deve tenere conto di tre elementi: 1. dimensionare il materiale filtrante sopra il dreno, in grado di garantire sia la capacità di percolazione di progetto che una adeguata capacità di rimozione degli inquinanti 2. dimensionare il materiale filtrante per una determinata capacità accumulo delle acque 3. dimensionare il dreno per garantire il convogliamento della portata di progetto Tipicamente, il dreno filtrante deve essere dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo entro 12 - 24 h la fine dell'evento di pioggia. Nei punti di intersezione con il reticolo idrografico si deve prevedere una zona di uscita delle acque, che	



Comune di Bologna



ATKINS



DRENI FILTRANTI (*Filter drains*)

SCHEDA T4

dovrà eventualmente contenere una zona ad acqua profonda per favorire la sedimentazione e rallentare il flusso, e un apposito manufatto per la raccolta dei materiali solidi grossolani e la separazione degli oli e dei grassi.

Se si vuole aumentare la capacità di laminazione è possibile

- incrementare i volumi invasati nei dreni
- introdurre una bocca tarata alla confluenza con i corpi idrici.

I dreni filtranti sono spesso accompagnati, a monte, da un pretrattamento con fasce filtranti (Scheda T3), per rimuovere le parti più fini dei sedimenti veicolati dalle acque di pioggia, ridurre il rischio di occlusione dei pori prima del dreno e posticipare la necessità di pulizia dei dreni.

Per evitare la fuga delle sostanze oleose, installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un disoleatore, o di apposito manufatto per la raccolta dei materiali solidi grossolani e la separazione degli oli prima della confluenza con il corpo idrico recettore.

E' necessario, nel caso di utilizzo in prossimità delle aree stradali, ridurre il rischio di passaggio di veicoli sui dreni filtranti, al fine di rischiare di movimentare il dreno e ridurne la capacità di deflusso.

Come per le fognature classiche, è consigliato di posizionare dei pozzetti lungo i dreni filtranti con lunghezza maggiore di 10 m, per permettere le manovre di pulizia dei dreni (spaziatura massima dei pozzetti ogni 90 m di dreno).

I dreni filtranti possono anche essere progettati come elemento di arredo urbano ai bordi di aree pavimentate ed eventualmente piantumati sulla superficie.

Dimensionamento

Valori tipici di dimensionamento dei dreni filtranti sono riportati di seguito. Si ricorda come la larghezza della sezione dipenda dalla dimensione del diametro del dreno; in caso sia necessario utilizzare dreni con diametro maggiore, anche la larghezza della sezione dovrà essere adeguata.

Parametro	Valori indicativi di dimensionamento
profondità del dreno	da 1 a 2 metri Rispettare almeno 1 metro di distanza dalla falda acquifera
larghezza sezione	500 mm
diametro del dreno	150 mm
profondità minima del mezzo filtrante	500 mm Garantire un livello ragionevole di rimozione di inquinante

ASPETTI MANUTENTIVI

Mensilmente

- pulizia parte superficiale del dreno e rimozione detriti



Comune di Bologna



ATKINS



DRENI FILTRANTI (<i>Filter drains</i>)	SCHEDA T4
- ispezione pretrattamenti, entrata/uscita tubazioni <i>Semestralmente</i> - controllo e rimozione dei solidi grossolani alle confluenze con i corpi idrici - ispezione sistemi di pretrattamento	
ESEMPI	
Esempio di dreno filtrante lungo una carreggiata stradale  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"	Esempio di dreno filtrante piantumato, utilizzato anche per arredo urbano  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"

CANALI VEGETATI (*Swales*)

SCHEMA T5

DESCRIZIONE

I canali vegetati possono essere bagnati o asciutti e si presentano come fossati lineari aperti, poco profondi, dalla forma trapezoidale o parabolica. Le sponde sono inerbite o vegetate con piante resistenti alle alluvioni e alle erosioni. All'interno dei canali vegetati il deflusso di acqua viene attenuato, facendolo scorrere ad una velocità più bassa e controllata.

Funge principalmente da mezzo filtrante e rimozione degli inquinanti mediante la captazione del flusso di acqua piovana.

L'acqua che scorre in esso lungo la sua lunghezza si muove lentamente attraverso l'erba che rallenta e filtra i flussi d'acqua superficiale, consentendo l'infiltrazione di parte delle acque nel sottosuolo ed esercitando anche un effetto di laminazione con conseguente riduzione della velocità dell'acqua.

L'acqua proveniente dalla superficie drenata che si trova temporaneamente immagazzinata viene successivamente rilasciata in un sistema di stoccaggio o di scarico.

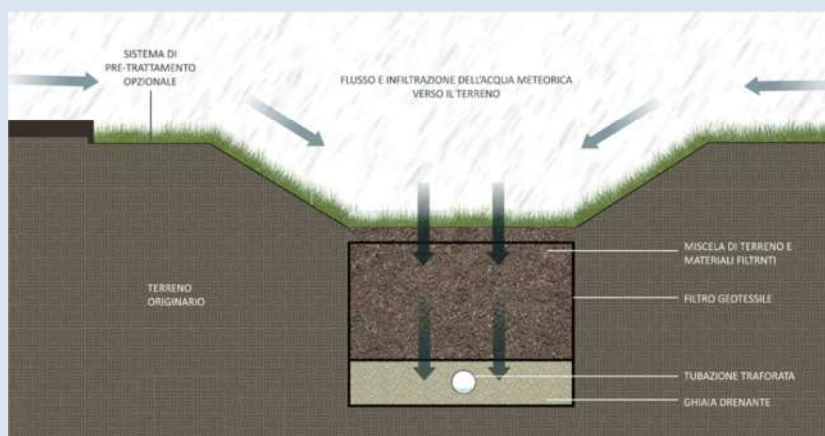
Come per i dreni filtranti (Schema T4), i canali vegetati possono essere utilizzati al posto delle classiche tubazioni di fognatura, permettendo di convogliare le acque di pioggia senza l'utilizzo di caditoie, cordoli o pozzetti stradali. Sono tipicamente usati per convogliare le acque di pioggia ad altre componenti SuDS come aree di bioritenzione (Schema T6), bacini di detenzione (Schema T9), o stagni e zone umide (Schema T10). Va comunque, tipicamente, sempre prevista una tubazione di troppo pieno per eventi meteorici intensi. I canali inerbiti differiscono dai dreni filtranti (Schema T4) per la mancanza dello strato filtrante di terreno e sono, di conseguenza, essi caratterizzati da una minore capacità di rimozione degli inquinanti.

Vi sono due tipologie di canali vegetati:

- canali vegetati asciutti
- canali vegetati umidi

Canali vegetati asciutti

Forniscono la maggior parte del trattamento tramite il processo di infiltrazione del suolo, che filtra gli inquinanti sospesi e facilita l'adsorbimento degli inquinanti disciolti. La rimozione di massa di sostanze inquinanti nei suoli asciutti è approssimativamente proporzionale al flusso di massa che infila attraverso il fondo del canale. Possono convogliare le acque principalmente in superficie o essere dotati di dreno.



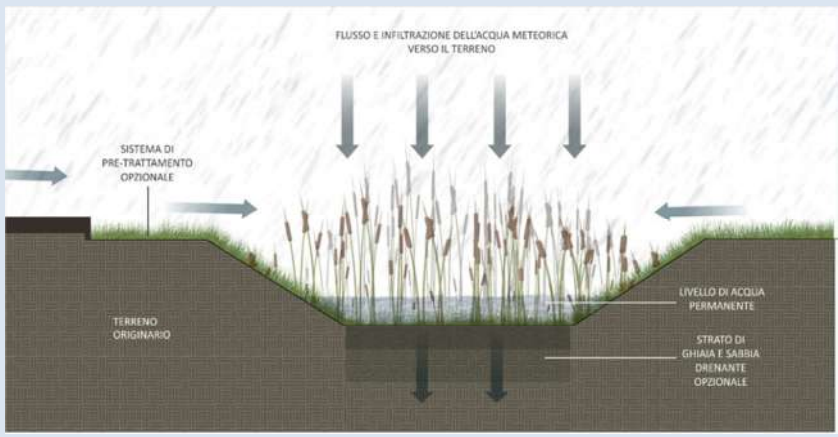


Comune di Bologna



ATKINS



CANALI VEGETATI (<i>Swales</i>)		SCHEDA T5
Canali vegetati umidi Prevedono il mantenimento di uno strato d'acqua permanente e sono tipicamente piantumati con vegetazione ripariale quali, ad esempio, macrofite emergenti.	 The diagram illustrates a cross-section of a vegetated channel. It shows a central channel filled with water and emergent vegetation. Arrows indicate the flow of water into the channel and its subsequent infiltration into the ground. Labels include: 'SISTEMA DI PRE-TRATTAMENTO OPZIONALE' (optional pre-treatment system), 'TERRENO ORIGINARIO' (original ground), 'FLUSSO E INFILTRAZIONE DELL'ACQUA METEORICA VERSO IL TERRENO' (flow and infiltration of meteoric water towards the ground), 'LIVELLO DI ACQUA PERMANENTE' (permanent water level), and 'STRATO DI GHIAIA E SABBIA DRENANTE OPZIONALE' (optional draining layer of gravel and sand).	
VANTAGGI - efficacia nel rimuovere sedimenti grazie all'azione di filtraggio esercitata dalla vegetazione; - riduzione del volume delle acque di dilavamento; - contributo alla riduzione di superfici impermeabili; - contributo alla rinaturalizzazione del contesto in cui vengono inseriti - possibilità di riduzione dell'estensione rete fognaria bianca	SVANTAGGI - Rischio di erosione se non correttamente progettati; - in zone residenziali, possibile creazione di problemi derivanti dall'acqua stagnante (per i canali vegetati umidi)	
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Data la loro struttura lineare, i canali vegetati secchi e bagnati sono adatti per essere inseriti: - lungo corsie stradali di zone industriali e residenziali di medie dimensioni; - vicino aree di parcheggio per ridurre la percentuale di pavimentazione impermeabile; - In zone di basso o moderato sviluppi di densità; - Per convogliare le acque di runoff in spazi pubblici, creando possibilità di arredo paesaggistico e di fruizione		
LIMITI DI UTILIZZO Devono essere posizionati dove esiste spazio sufficiente per accogliere la profondità e la larghezza di stoccaggio supplementari. I canali vegetati umidi vanno dimensionati con cura se si prevede la loro realizzazione in aree residenziali ad alta densità, onde evitare di generare zone stagnanti e successiva formazione di cattivi odori e proliferazione di zanzare.		

CANALI VEGETATI (<i>Swales</i>)	SCHEDA T5
Si deve porre attenzione a <u>non</u> posizionare i canali vegetati in zone con eccessiva ombreggiature, onde evitare di limitare la crescita dell'erba.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Il dimensionamento dei canali vegetati deve tenere conto di tre elementi: 1. Adeguata capacità di convogliamento delle portate di progetto 2. Adeguata gestione delle portate massime previste, con eventuale dimensionamento dei sistemi di collettamento delle acque di troppo pieno 3. Svuotamento di metà delle acque drenate dai canali vegetati in massimo 24 ore, in modo da garantire la funzionalità degli stessi per eventi meteorici successivi Nella progettazione di un <u>canale vegetato asciutto</u> è importante determinare innanzitutto la sezione di deflusso rispetto alla portata massima di progetto, in modo da definire le caratteristiche geometriche della stessa (larghezza, lunghezza e pendenze laterali). E' importante conoscere la <u>profondità della falda</u> per verificare la possibilità di progettare un canale asciutto e di capire se vi è la possibilità di infiltrare quota parte delle acque convogliate (distanza minima 1 m). Nel caso sia necessario proteggere l'acquifero sottostante, i canali vegetati possono essere impermeabilizzati per mezzo di telo impermeabile. Si suggerisce di usare canali vegetati per convogliare acque di pioggia drenate da superfici inferiori a 2 ha. E' preferibili <u>alimentazione delle acque nei canali vegetati</u> lateralmente e non in singoli punti di immissione. Nel caso non sia possibile, adeguate sistemi di dissipazione di energia devono essere implementati nei punti di immissione puntali (p.es., blocchi di pietra). Per ridurre la pendenza è suggerito di prevedere dei <u>piccoli sbarramenti di controllo</u>, realizzabili in diversi materiali che possono anche avere funzione di arredo (p.es. legno, muratura, pietrame). E' bene prevedere, a valle degli sbarramenti, dei sistemi per il controllo dell'erosione. Attenzione deve essere data alla <u>tipologia di manto erboso</u> utilizzato nei canali asciutti, il quale deve essere in grado di sopportare periodi prolungati sia di siccità che di piogge, oltre all'accumulo di sedimenti e detriti. Il manto erboso deve essere, inoltre, tollerante ad alte concentrazioni saline nel caso di utilizzo delle fasce filtranti per acque piovane provenienti da strade a rischio gelo invernale (spargimento di sale anti-gelo). Per la <u>specie vegetali</u> a dimora nei canali bagnati valgono le stesse considerazioni fatte per il manto erboso; è da preferire la piantumazione di specie native del sito. Si sconsiglia una piantumazione fitta, in modo da favorire una naturale sviluppo della vegetazione nel canale. <i>Dimensionamento</i> Le caratteristiche di una sezione tipica di un canale vegetato sono di seguito riportate.	



Comune di Bologna



ATKINS



CANALI VEGETATI (<i>Swales</i>)		SCHEDA T5
Parametro	Valori indicativi di dimensionamento	
profondità canale	Da 50 a 200 cm In caso di utilizzo in aree di fruizione la profondità massima va ridotta a 120-150 cm per motivi di sicurezza	
Base inferiore canale	larghezza 60 - 250 cm	
Pendenza longitudinale canale	Da 0.5 a 6% Per > 3 % inserire piccoli sbarramenti di controllo	
Pendenza sponde	1:4 (massimo 1:3)	
Profondità massima pelo libero per condizioni di sicurezza	40-60 cm	
Sbarramenti di controllo	Posizionati a intervalli di 10 -20 m	
Velocità massime consentite per limitare rischi di erosione	1 m/s	
ASPETTI MANUTENTIVI		
Sono necessari controlli e manutenzione regolari. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi. Nel caso di canali vegetati progettati con un alto valore estetico, sono da considerare interventi manutentivi da parte di giardinieri. Tipicamente, è sconsigliato l'uso di fertilizzanti per i canali vegetati, ed è da evitare in caso di posizionamento dei canali in aree di acquifero sensibile. <i>Periodicamente</i> - Sfalcio del manto erboso e delle piantumazioni; - rimozione dei sedimenti; - ispezione delle sponde e del letto per individuare eventuali processi erosivi; - ripulitura del canale da rifiuti e detriti depositatesi. <i>Annualmente</i> - esaminare la pendenza del fango secco e la velocità di infiltrazione.		



Comune di Bologna



ATKINS



CANALI VEGETATI (*Swales*)

SCHEDA T5

ESEMPI

Esempio di canale vegetato asciutto

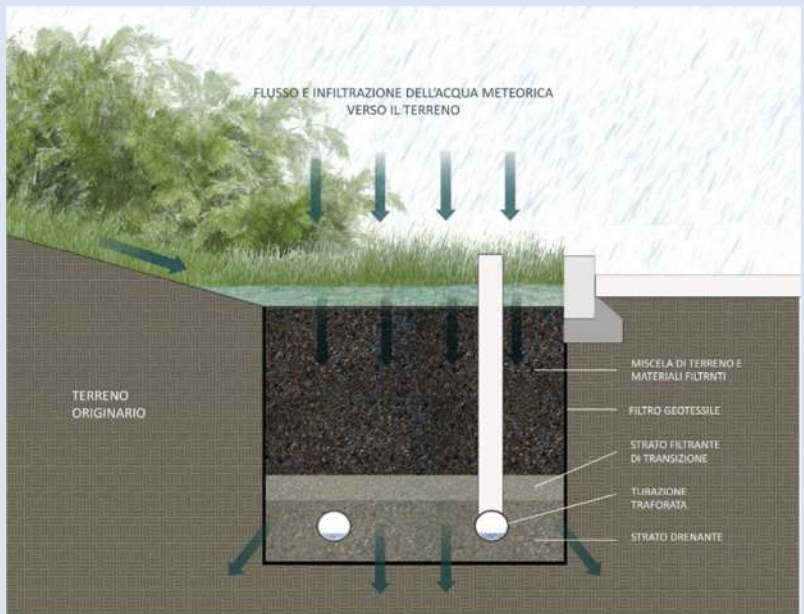


Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"

Esempio di canale vegetato umido



Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"

AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (<i>Bioretention areas</i>)	SCHEDA T6
DESCRIZIONE Le aree di bioritenzione sono leggere depressioni del suolo ricoperte a verde, finalizzate alla raccolta e al trattamento delle acque meteoriche drenate dalle superfici impermeabili circostanti mediante filtrazione e rimozione degli agenti inquinanti. Questi sistemi permettono quindi un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con ottime rimozioni dei principali inquinanti veicolati dalle acque di pioggia di dilavamento: SST:>90%, P tot >80%, N tot 50%, Metalli (zinco, piombo, cadmio) >90%. Inoltre, le aree di bioritenzione hanno un effetto benefico anche in termini di riduzione del rischio idraulico, aumento della biodiversità, oltre a poter essere utilizzate come elemento di arredo urbano. Le acque di dilavamento vengono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di bioritenzione vegetata. La fascia con copertura erbosa effettua un'azione di filtraggio del materiale più grossolano e di rallentamento della velocità di deflusso. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un'ulteriore deposizione di materiale trasportato. Lo strato di materiale organico effettua una prima filtrazione delle acque meteoriche e favorisce la crescita di microorganismi che provvedono ad una degradazione della materia organica trasportata. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo forniscono siti per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti. Per aree di bioritenzione di minori dimensioni e a servizio di una singola abitazione o edificio, si tende a parlare di rain gardens. TIPOLOGIE Benché, concettualmente, le aree di bioritenzione e i raingarden siano la medesima soluzione tecnica, si tende ad usare le due nomenclature in modo distinto, in funzione del campo di applicazione.	
Aree di bioritenzione Termine utilizzato quando tali soluzioni sono applicate a aree drenate vaste e in spazi pubblici. Rispetto ai rain garden sono interventi più strutturati e con elementi in più di progettazione.	

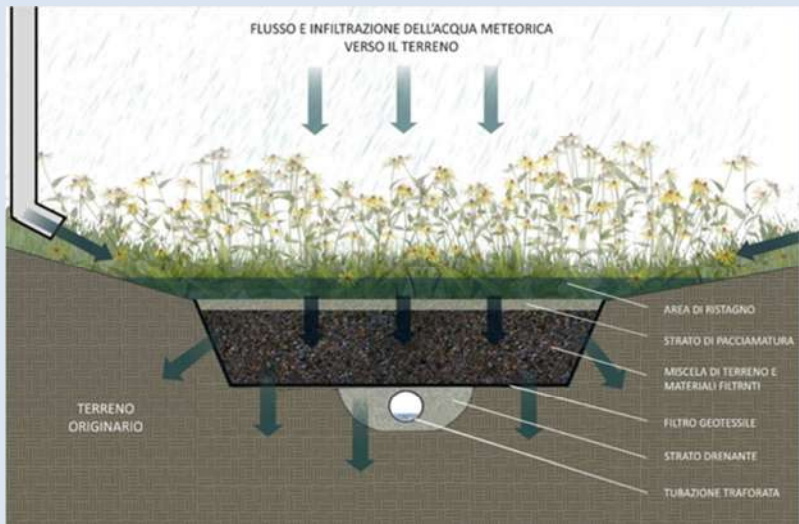


Comune di Bologna



ATKINS



AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (<i>Bioretention areas</i>)		SCHEDA T6
Giardini della pioggia (Rain garden) Termine utilizzato quando tali soluzioni sono applicate a singoli edifici ed abitazioni, con quindi una progettazione più semplice e un minore numero di componenti previste. I raingarden sono spesso usati come unità di pretrattamento prima della raccolta delle acque di pioggia in cisterne (Scheda T1).		
VANTAGGI - Alta capacità di rimozione degli inquinanti; - Richiede poca manutenzione; - Riduzione del volume e della portata di picco - Riduzione del tempo di corrivazione - Potenziale elemento di arredo urbano - Aumento biodiversità - Riduzione isole di calore	SVANTAGGI - Richiede superfici piuttosto elevate (anche se poi tali superfici risultano fruibili e contribuiscono all'inserimento ambientale). - Suscettibile di intasamento se il paesaggio circostante non è ben gestito	
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Le aree di ritenzione possono essere facilmente inserite all'interno del tessuto urbano perché flessibili e adattabili al paesaggio. Possono avere forme più naturaliformi se inserite in aree a bassa densità abitativa, o più rigide in aree ad alta densità. Per tali motivi, forniscono un'ottima soluzione per il retrofitting di aree verdi in chiave SuDS. Risultano perciò particolarmente adatte: - lungo i margini delle carreggiate stradali; - all'interno di parcheggi; - all'interno delle rotonde stradali; - all'interno di aree pedonali Nel caso dei raingarden, essi possono configurarsi come delle aiuole negli spazi verdi esterni degli edifici.		



Comune di Bologna



ATKINS



AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (<i>Bioretention areas</i>)	SCHEDA T6
Nel caso di <u>posizionamento in prossimità di edifici</u>, aree di bioritenzione non impermeabilizzate devono essere collocate almeno ad una distanza di 5 metri dagli edifici per impedire che le acque penetrino nelle fondazioni o sotto le case, causando problemi di muffa e di infiltrazioni. Inoltre si consiglia il posizionamento lontano da grandi alberi per consentire un'esposizione massima alla luce solare.	
LIMITI DI UTILIZZO Il sistema di aree di ritenzione non è consigliato: - In aree con pendenza ripida; - In zone ad alta densità; - Per drenare superfici superiori a 2 ha Se posti al di sopra delle acque sotterranee vulnerabili è necessaria l'impermeabilizzazione. E' consigliabile adottare una larghezza delle aree di bioritenzione maggiore di 600 mm (valori più bassi comportano una difficoltà di realizzazione) e minori di 20 m (in modo da permettere interventi manutentivi con escavatori da 10 m). La lunghezza massima suggerita è 40 m per permettere una distribuzione uniforme delle acque di pioggia, mentre l'area totale massima suggerita è di 800 m².	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Le aree di bioritenzione sono tipicamente dimensionate con una area pari al 2-4% dell'area drenata. E' preferibile <u>evitare l'impermeabilizzazione</u> delle aree di bioritenzione e permettere l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque di pioggia trattate. In tal caso, le componenti da considerare in fase di progettazione sono: - caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche del terreno - distanza dall'acquifero (minimo 1 m) Nel caso in cui le aree di bioritenzione siano inserite per <u>intercettare il runoff destinato a valle per eventi di pioggia frequenti e a bassa intensità</u>, tali soluzioni sono tipicamente dimensionate per intercettare fino a 5 mm di altezza di pioggia ricadente sull'area drenata o più in generale eventi con tempo di ritorno 1 anno. Questi sistemi filtranti vegetati vengono progettati per avere <u>tempi di drenaggio</u> delle acque accumulate, dopo l'evento atmosferico, non superiori alle 24-48 ore, così da garantire tempi di residenza sufficienti per la rimozione degli inquinanti e, allo stesso tempo, prevenire il ristagno delle acque e la proliferazione degli insetti. Le aree di bioritenzione sono tipicamente progettate per trattare le acque di runoff di eventi di pioggia frequenti (basso tempo di ritorno); è bene, quindi, prevedere un <u>troppo pieno</u> per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi, da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque.	

AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (*Bioretention areas*)

SCHEDA T6

E' preferibile avere una superficie orizzontale, in modo da permettere una omogenea distribuzione delle acque di pioggia tutta la superficie utile. Per l'inserimento in aree ripide è suggerito, quindi, di prevedere dei piccoli sbarramenti di controllo, realizzabili in diversi materiali che possono anche avere funzione di arredo (p.es. legno, muratura, pietrame). E' bene prevedere, a valle degli sbarramenti, dei sistemi per il controllo dell'erosione.

Per la scelta della vegetazione è bene prevedere il coinvolgimento di architetti paesaggisti, agronomi o vivaisti. In generale, le caratteristiche da considerare per la scelta delle vegetazione da mettere a dimora sono:

- adattamento a condizioni asciutto/bagnato
- adattamento al carico inquinante veicolato dalle acque di pioggia
- capacità di penetrazione delle radici
- preferenza per piante native
- inserimento paesaggistico
- disponibilità di piante in vivai vicini al sito
- ridotta necessità di manutenzione
- altezza delle piante (da considerare per motivi di sicurezza della visuale stradale)

Le aree di bioritenzione sono tipicamente progettate per ricevere le acque di runoff senza ausilio di condotte fognarie classica, ma per mezzo di apposite aperture posizionate lungo, ad esempio, i cordoli stradali (minimo 500 mm). In prossimità di tali aperture sono da prevedere adeguati sistemi di dissipazione di energia (p.es., blocchi di pietra), per limitare il rischio di erosione.

Nel caso di acque di dilavamento con alto carico di sedimenti è consigliato prevedere, prima dell'immissione nell'area di bioritenzione, una trappola per sedimenti, delle fasce filtranti (Scheda T3) o, per grandi aree drenate, uno stagno (Scheda T10). In alternativa, è possibile prevedere un'area ad alta densità vegetazionale all'ingresso dell'area di bioritenzione.

Dimensionamento

Si riportano di seguito due tabelle. La prima riporta le caratteristiche funzionali per ogni elemento che possa comporre una area di bioritenzione. La seconda fornisce dei valori indicativi tipici per il dimensionamento.

Componenti	Caratteristiche funzionali
Vegetazione	Contribuisce alla rimozione degli inquinanti sia per via diretta (uptake) che favorendo indirettamente i fenomeni fisico-chimici di rimozione nel mezzo di riempimento. Rallenta il flusso dell'acqua in entrata. Permette di inserire le aree di bioritenzione come elemento di arredo urbano. Aumenta la biodiversità del tessuto urbano.
Essenze vegetali (preferi-	Servono ad assorbire e a filtrare il volume d'acqua superficiale inquinato, ma an-



Comune di Bologna



ATKINS



AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (<i>Bioretention areas</i>)		SCHEDA T6
bilmente autoctone) resistenti sia all'eccessiva acqua e sia ai periodi di sic- cità	che a creare un habitat per la fauna selvatica in ambito urbano. Il contributo delle radici aiuta, inoltre, a ridurre il rischio di intasamento del medium filtrante.	
Area di ristagno e accumu- lo depressione del terreno di 10-20 cm	Area dove viene raccolta l'acqua, permettendone uno stoccaggio temporaneo. Facilita l'evapotraspirazione e permette l'infiltrazione negli strati successivi. Tipi- camente dimensionata per contenere il volume di pioggia da trattare di progetto.	
Strato di terreno (anche detto di pacciamatura) (Opzionale)	Rimuove l'inquinamento organico grossolano e le particelle sospese contenute nell'acqua piovana, è utilizzato anche per mantenere umido il terreno così da ga- rantire le giuste condizioni di vita per le essenze vegetali. Il materiale va scelto con cura data l'aumentare del rischio di intasamento del lo strato filtrante per dilavamento di materiale fine. Per tali motivi, è spesso <u>non</u> inserito nelle aree di bioritenzione.	
Strato drenante miscela di sabbia (50%) compost organico (25%) e terreno del sito (25%),	Fornisce acqua e nutrienti per le piante superficiali, serve ad assorbire i metalli pesanti, gli idrocarburi e gli altri agenti inquinanti contenuti nelle acque meteori- che.	
Strato di transizione (op- zionale)	Tipicamente utilizzato se siano previsti dei dreni, al fine di ridurre il rischio di dila- vamento di componenti fini. Può essere sostituito da un strato di geotessile, an- che se il loro uso non è raccomandato per la loro alta propensione all'occlusione.	
Dreno di raccolta dell'acqua (opzionale) costituito da un letto di ghiaia e da tubi drenanti	Viene utilizzato per convogliare le acque verso l'impianto fognario o verso le ci- sterne di raccolta per un possibile riutilizzo della stessa	
Parametro	Valori indicativi di dimensionamento	
Pendenza area limitrofa	Meno del 33%	
Profondità area di ritenzione	150-200 mm	
Strato di terreno	50-75 mm	
Strato filtrante principale	750-1000 mm (200-500 mm per raingarden)	
Velocità massime consentite nei punti di immissione per limitare ri- schi di erosione	0,5 m/s; max 1,5 m/s per eventi Tr=100 anni	

AREE DI BIORITENZIONE VEGETATA (<i>Bioretention areas</i>)	SCHEDA T6
ASPETTI MANUTENTIVI Sono necessari controlli e manutenzione regolari. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi. Nel caso di aree di bioritenzione progettate con un alto valore estetico, sono da considerare interventi manutentivi da parte di giardinieri. Tipicamente, è sconsigliato l'uso di fertilizzanti, erbicidi e pesticidi per le aree di bioritenzione, ed è da evitare in caso di posizionamento delle fasce in aree di acquifero sensibile. <i>Trimestrale</i> - Rimozione dei rifiuti / detriti - Controllare stato di salute delle piante (malattie, scarsa crescita, presenza di piante invasive) - Controllo e pulizia dell'ingresso / uscita - Controllo corretta capacità di filtrazione <i>Annualmente</i> - Controllo e pulizia dei canali drenanti (se presenti) - Sfalcio della vegetazione (frequenza variabile in funzione della tipologie di piante messe a dimora) <i>Riparazione (tipicamente dopo 20 anni)</i> - Sostituzione dello strato di pacciamatura (se presente) e di ogni altro strato se sottoposto a intasamento	
ESEMPI Raingarden  <i>Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas</i> Area di bioritenzione in ambiente urbano  <i>Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"</i>	



Comune di Bologna



ATKINS



BOX ALBERATI FILTRANTI (<i>Tree box filters</i>)	SCHEMA T7
DESCRIZIONE I box alberati filtranti sono dei piccoli sistemi di biofiltrazione costituiti principalmente da tre elementi: un box, del terreno e una specie vegetale. I box di cui si compongono sono interrati e costituite, ad esempio, da strutture in calcestruzzo prefabbricato, possono essere camere a fondo chiuso o aperto in relazione alla possibilità dell'acqua di poter infiltrarsi o meno nel terreno, come ad esempio in terreni argillosi. Il terreno al suo interno è composto da una particolare miscela di substrati e materiali filtranti appositamente formulata per filtrare l'acqua che riceve. Nel terreno sono innestate specie arboree o arbustive, preferibilmente autoctone, che resistano a condizioni di stress, derivanti da periodi alterni di piovosità e dunque bagnatura del terreno, a periodi di siccità e secco. Il sistema filtrante del box alberato permette la rimozione delle sostanze inquinanti presenti nelle acque piovane, filtrandola prima della stessa prima del rilascio nel sistema fognario o nel sottosuolo.	
VANTAGGI - riduzione del volume di deflusso delle acque piovane, intercettate dalla chioma - miglioramento della qualità delle acque - aumenta l'infiltrazione delle acque sotterranee e di ricarica - fornisce un controllo locale dei fenomeni di inondazioni - richiede uno spazio limitato, è di facile installazione e richiede una bassa manutenzione. - Riduzione isole di calore - Elemento di arredo urbano - Riduzione del rumore - Aumento biodiversità - Riduzione CO2 in ambiente urbano	SVANTAGGI - la manutenzione sarà maggiore nel primo periodo post realizzazione, allo scopo di permettere l'attecchimento della pianta - ricezione di piccoli volumi di acqua, pertanto non adatta a gestire eventi di notevole intensità





Comune di Bologna



ATKINS



BOX ALBERATI FILTRANTI (<i>Tree box filters</i>)	SCHEDA T7
POSIZIONAMENTO OTTIMALE I contenitori alberati filtranti sono altamente adattabili e integrabili nell'ambiente circostante e possono essere utilizzati per tutti gli sviluppi e in tutte le condizioni di suolo e pendenza. Migliora l'estetica delle strade, dei quartieri e parcheggi dove vengono impiegati, aumentando la zona d'ombra disponibile. Il loro campo d'impiego è principalmente in ambito urbano: - marciapiedi - aree pedonabili - Intorno a strade carrabili, edifici e parcheggi I box alberati infiltranti vanno posizionati a una distanza ragionevole dalle reti di sottoservizi.	
LIMITI DI UTILIZZO I box alberati infiltranti non sono consigliati - Per gestire grandi volumi di runoff; ad esempio, box alberati sono tipicamente utilizzati per drenare raccolta da una singola caditoia stradale E' fondamentale garantire un sufficiente spazio per lo sviluppo radicale dell'albero. Un valore indicativo è 0,056 m³ per 0,093 m² di chioma. Indicativamente, alberi con un tronco di 75 cm richiedono almeno 40 m³ di volume di suolo. E' necessario garantire un buon drenaggio dei box, onde evitare il prolungarsi di periodi di saturazione del suolo. In caso di suoli a bassa permeabilità, è quindi necessario prevedere un sistema di drenaggio. Le reti interne al box, utilizzabili per supportare i carichi d'esercizio, rendono maggiormente difficoltose le operazioni di manutenzione straordinaria delle componenti interne al box.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> Il numero e le dimensioni dei contenitori alberati filtranti vengono regolati in base alla portata di acqua che devono supportare e alle caratteristiche dimensionali del suolo. I box alberati vanno progettati garantendo, come primario interesse, <u>condizioni adeguate allo sviluppo dell'alberatura</u>, cioè facendo attenzione a garantire: - sufficiente spazio per lo sviluppo dell'apparato radicale; - adeguato medium di riempimento; - condizioni adeguato allo scambio di gas; - adeguato drenaggio - adeguati quantitativi idrici Un <u>adeguato apporto idrico</u> può essere garantito prevedendo delle zone di accumulo al fondo del box, accettando, comunque, che l'albero sia soggetto a brevi periodi di inondazione. E' necessario verificare che l'area drenata sia in grado di supplire alla richiesta idrica delle piantagioni messe a dimora.	



Comune di Bologna



ATKINS



BOX ALBERATI FILTRANTI (<i>Tree box filters</i>)	SCHEDA T7
Il <u>medium di riempimento</u> deve essere sia in grado di drenare l'acqua di pioggia che garantire un sufficiente apporto di nutrienti all'albero. In termini volumetrici, il quantitativo di materiale necessario dipende dal tipo di piantagione messa a dimora, ed è una componente cruciale da considerare in fase di progettazione. In termini di profondità, per la maggior parte delle alberature utilizzabili in ambiente urbano sono sufficienti 2 m. Attenzione deve essere data anche al pH dei materiali utilizzati, onde evitare condizionamenti sulla crescita di piante con range di tollerabilità al pH diverso dai valori dovuti ai materiali di riempimento. Con un medium di riempimento opportunamente progettato, i box alberati filtranti possono garantire rimozioni degli inquinanti in linea con quelli ottenibili con aree di bioritenzione vegetale (Scheda T7). Questi sistemi filtranti vegetati vengono progettati per avere <u>tempi di drenaggio</u> delle acque accumulate, dopo l'evento atmosferico, non superiori alle 48 ore, per evitare di compromettere la salute dell'albero. E' preferibile <u>evitare l'impermeabilizzazione</u> dei box infiltranti e permettere l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque di pioggia trattate. In tal caso, le componenti da considerare in fase di progettazione sono: - caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche del terreno - distanza dall'acquifero (minimo 1 m) La <u>scelta delle alberature</u> dipende da componenti sia tecniche (adattabilità a condizioni di asciutto/bagnato) che estetico/paesaggistico/fruitive, e deve essere sempre supportata da un architetto paesaggista o un agronomo. In generale, le caratteristiche desiderate dalle alberature per questi sistemi sono: - chioma ben sviluppata - lunga aspettativa di vita - crescita rapida - tolleranza a periodi di siccità - tolleranza a brevi periodi di allagamento - resistenza agli inquinanti presenti nelle acque e nell'aria in ambiente urbano - esteso sviluppo radicale - corteccia ruvida - fogliame opaco - rami a sviluppo verticale - tolleranza a acque saline (in caso di posizionamento in aree a rischio di gelo invernale, per il sale usato sulle strade) Il <u>box</u> può essere realizzato con vari materiali (plastica, calcestruzzo, acciaio) e deve essere in grado di supportare i carichi statici e dinamici a cui possa essere soggetto il box, prevenendo il compattamento del materiale di riempimento. Il carico veicolare può essere anche distribuito su <u>reti</u> interne al box (per esempio reti a nido d'ape in HDPE), riducendo lo spessore dei muri di contenimento, ma permettendo, al tempo stesso, di avere spazio sufficiente per lo sviluppo di radici e lo scambio di gas.	



Comune di Bologna



ATKINS



BOX ALBERATI FILTRANTI (*Tree box filters*)

SCHEDA T7

La parte superiore del box ha tipicamente una grata per proteggere il sistema da detriti e foglie. Questa griglia è principalmente una funzione di sicurezza, ma serve anche a filtrare inquinanti

I box alberati filtranti sono tipicamente progettati per accumulare piccole quantità di acque sulla superficie, tipicamente non più di 5 mm dell'area drenata; è bene, quindi, prevedere un troppo pieno per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi, da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque.

L'alimentazione dei box alberati filtranti può essere fatta diversi modi, ad esempio con apposite aperture nei cordoli stradali.

Filtro geotessile

Dimensionamento

Valori indicativi di dimensionamento per i box alberati filtranti sono di seguito riportati.

Parametro	Valori indicativi di dimensionamento	Note
Box contenitore alberato filtrante	Da 1m x 1m a 4m x 5m	2m x 2m per 1000mq è la dimensione ottimale per la rimozione degli inquinanti e l'efficacia dei costi.
Ingresso laterale	750-1000 mm	La maggior parte del flusso che entra nel sistema avverrà dall'ingresso laterale dotato di una gola che farà confluire il flusso dell'acqua nel sistema.
Pacciamatura	5-8 cm	Strato superficiale a protezione del sistema filtrante
Terreno	30-90 cm	Miscela di terreno e materiali filtranti Un generico rapporto, per garantire il corretto sviluppo della pianta, è 80% sabbia, 20% compost. Contenuto di humus minimo 5% Permeabilità: 100-300 mm/h
Strato di ghiaia drenante (opzionale)	15-30 cm	Strato dalla funzione drenante dove vi alloggia una tubazione traforata che capta il flusso dell'acqua filtrata

ASPETTI MANUTENTIVI

Sono necessari controlli e manutenzione regolari. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi.



Comune di Bologna



ATKINS



BOX ALBERATI FILTRANTI (*Tree box filters*)

SCHEDA T7

Gran parte della manutenzione dei box alberati filtranti riguarda lo stato di salute dell'albero, perciò non differiscono dagli interventi manutentivi ordinari per alberature urbane.

Manutenzione ordinaria

- la rimozione di eventuali rifiuti depositati superficialmente

Periodicamente

- ispezione periodica degli impianti e componenti strutturali
- pulizia dei meccanismi di afflusso e deflusso
- verifiche del suolo e delle sostanze contenute in esso, questo per evitare la presenza di inquinanti che possono essere dannosi per la vegetazione

Annualmente

- rimozione / sostituzione annuale di pacciame, stallatico
- potatura degli alberi

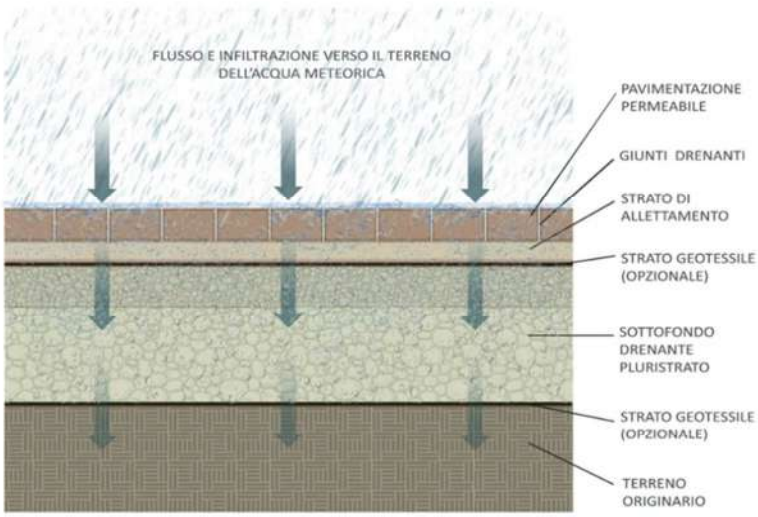
Ogni 5 o 10 anni

- Sostituzione albero

ESEMPIO



Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"

PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (<i>Pervious pavement</i>)		SCHEDA T8
DESCRIZIONE Il sistema di pavimentazione realizzato con superfici drenanti garantisce il deflusso superficiale dell'acqua meteorica che permea nel terreno attraverso elementi modulari, come blocchi in cemento o stuoie di plastica rinforzata, caratterizzati dalla presenza di vuoti o giunti che vengono riempiti con materiale permeabile (sabbia o ghiaia), in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento. Possono essere impiegate sia nel caso di nuove urbanizzazioni, che nel caso di interventi di ampliamento o manutenzione in sostituzione di vecchie pavimentazioni impermeabili, si prestano a numerosissime soluzioni progettuali che consentono di diversificare e di caratterizzare l'immagine urbana: la varietà di materiali, presenti sul mercato e in natura, permette una progettazione di qualità per la valorizzazione dei siti.		
		
VANTAGGI - riduzione della superficie impermeabile di un sito - riduzione del volume delle acque di dilavamento. - mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo più naturale, adeguato e costante - eliminazione riduzione di fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza stradale durante gli eventi meteorici - durata superiore rispetto alle normali pavimentazioni in asfalto	SVANTAGGI - se utilizzati per parcheggi con alta frequenza diurna difficile mantenimento del manto erboso, a causa della mancanza di luce e dell'irradiazione di calore dalla parte inferiore delle autovetture - possibilità di "cementificazione" delle aree adibite all'infiltrazione a causa dell'intasamento dei materiali di riempimenti per l'accumulo dei solidi sospesi convogliati dalle acque di dilavamento o per via del carico veicolare, con conseguente riduzione significativa della capacità di infiltrazione	
TIPOLOGIE DI PAVIMENTAZIONI PERMEABILI In commercio sono disponibili tipologie diverse di moduli, da blocchi e griglie in cemento a elementi in materiali plastici. Di seguito alcune delle diverse tipologie più comunemente utilizzate:		



Comune di Bologna



ATKINS



PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (<i>Pervious pavement</i>)		SCHEDA T8
A - Masselli porosi La pavimentazione drenante può essere realizzata con masselli di calcestruzzo con una prefissata porosità e con un riempimento delle fughe costituito da sabbia per consentire all'intera pavimentazione di diventare permeabile. Comunemente sono utilizzati blocchi di calcestruzzo per la pavimentazione permeabile, ma possono essere usati anche blocchi in argilla o pietra naturale. Il massello poroso è particolarmente indicato per marciapiedi, cortili di abitazioni private, stalli di parcheggio per autovetture e, in generale, per aree ciclo-pedonali.		
B - Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite Per aumentare la scarsa permeabilità dei normali masselli in calcestruzzo, vengono inseriti dei distanziali maggiorati per aumentare il giunto tra un massello e l'altro. I giunti possono essere riempiti di graniglia o coltivati a prato dove la percentuale a verde raggiunge il 35%. I particolari distanziali permettono differenti schemi di posa con i quali è possibile realizzare pavimentazioni drenanti con carrabilità media.		
C - Grigliati in calcestruzzo inerbiti Sono blocchi in calcestruzzo con aperture a nido d'ape riempite con terreno organico e inerbite. La loro capacità drenante dipende dal rapporto vuoto/pieno (circa 40 %) ma anche dal materiale di riempimento dei vuoti Tali pavimentazioni possono trovare unicamente impiego per carichi medio-leggeri (zone di stallo nei parcheggi per autoveicoli)		
D - Grigliati plastici inerbiti Sono grigliati in materie plastiche riempiti con terreno organico e inerbiti. La percentuale a verde supera il 90%. Tali pavimentazioni possono trovare unicamente impiego per carichi medio-leggeri (zone di stallo nei parcheggi per autoveicoli).		
POSIZIONAMENTO OTTIMALE DELLE PAVIMENTAZIONI PERMEABILI Le pavimentazioni permeabili possono essere usate in molti siti, necessitano però un'appropriata loca-		



Comune di Bologna



ATKINS



PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (*Pervious pavement*)

SCHEDA T8

zione in base alle loro caratteristiche.

Solitamente sono costruite in alternativa alle superfici impermeabili, dunque non necessitano di ulteriore spazio di costruzione. Richiedono solamente una differenziazione rispetto al manto superficiale classico che di captazione dell'acqua piovana e il sistema di scolo della stessa, pertanto possono essere impiegate anche su terreni piani.

Generalmente queste tipologie di pavimentazione tendono ad essere utilizzate per drenare strade pedonali o carrabili poco trafficate, piazzali carrabili e aree di sosta, inoltre sono particolarmente indicate per parcheggi, aree pedonabili e ciclabili e viali residenziali.

Di seguito una tabella per individuare il posizionamento ottimale della tipologia di pavimentazione a seconda della categoria di traffico e al volume/peso a cui saranno soggette:

Tipologia di pavimentazione per categoria di traffico	A Masselli porosi	B Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite	C Grigliati in calcestruzzo inerbiti	D Grigliati plastici inerbiti
0 – aree pedonali	si	si		
1 – marciapiedi e piste ciclabili	si	si		
2 – parcheggi e strade di accesso	si	si	si	si
3 – cortili e spiazzi	si	si		
4 – piazzali e strade poco trafficate, piazzali di mercato	si			

LIMITI DI UTILIZZO

L'applicabilità di questo tipo di copertura dipende:

- dalla permeabilità del suolo di sottofondo, che deve avere un contenuto di argilla inferiore al 30 %.

Usare materiali per pavimentazioni permeabili non è raccomandato:

- dove vi è eccessivo sedimento depositato sulla superficie (cortili di cantieri o ditte di costruzione e limitrofi);
- in aree adiacenti ad altre più ripide che sono sorgente di sedimenti;
- in stazioni di servizio, aree di sosta di camion, piazzali di industrie chimiche, ed in generale in tutte le aree in cui c'è movimentazione di materiali pericolosi che possano disperdersi nell'ambiente o in cui potrebbero verificarsi fuoriuscite di quantità concentrate di inquinanti;



Comune di Bologna



ATKINS



PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (<i>Pervious pavement</i>)	SCHEDA T8
- in siti in cui la falda rimane stagionalmente molto alta e quindi può saturare il terreno in prossimità della superficie e all'interno della sezione della pavimentazione.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI Per una corretta progettazione è necessaria: - un'analisi delle caratteristiche geologiche del terreno originario, sub-strato, ed in particolare la sua permeabilità - una stima iniziale della quantità di acqua che la pavimentazione dovrà essere in grado di assorbire - il volume di traffico che la pavimentazione deve supportare Le pavimentazioni permeabili sono tipicamente utilizzate per infiltrare le acque ricadenti sulle superfici permeabili stesse. Tuttavia, data l'alta capacità d'infiltrazione di alcune soluzioni tecniche, le pavimentazioni permeabili possono essere utilizzate per <u>drenare le acque di pioggia ricadenti su superfici impermeabili limitrofe</u> (p.es. tetti); in questi casi, si suggerisce un rapporto massimo di 2:1 tra superfici impermeabili drenate e pavimentazioni permeabili per l'infiltrazione, in modo da evitare una rapida occlusione delle superfici permeabili stesse. Nonostante le alte capacità di infiltrazione di alcune soluzioni tecniche, si suggerisce di accoppiare sempre le pavimentazioni permeabili con un sistema fognario di <u>troppo pieno</u>. In caso di <u>rischio di contaminazione delle falda, instabilità dei pendii o eccessiva vicinanza alle fondazioni</u>, è possibile prevedere di impermeabilizzare al fondo le pavimentazioni permeabili, utilizzando gli strati componenti le pavimentazioni stesse per la laminazione e il trattamento delle acque di pioggia; in questo caso, vengono posti sull'ultimo strato della pavimentazioni permeabili dei dreni che convogliano le acque trattate in un altro punto di scarico. E' consigliato <u>non prevedere sotto-servizi</u> al di sotto delle pavimentazioni permeabili. Va sempre verificato che la <u>capacità di infiltrazione della pavimentazione permeabile</u> sia maggiore della massima intensità di pioggia ricadente sulla superficie di progetto. La capacità di infiltrazione delle pavimentazioni impermeabili varia a seconda delle tecnologie ed è di solito un dato tecnico fornito dalle ditte produttrici. Le pavimentazioni permeabili, anche se correttamente progettate rispetto ai carichi di progetti, sono destinate, comunque, a una diminuzione della capacità di infiltrazione nel tempo per l'intasamento delle fessure o dei pori; si consiglia quindi di considerare un fattore di riduzione della permeabilità a lungo termine pari a 10. A seguito della scelta del materiale drenante superficiale più appropriato si può procedere con il dimensionamento degli strati che compongono il manto stradale permeabile. In generale se i parcheggi sono utilizzati frequentemente e nelle fasce diurne, a causa della mancanza di luce e dell'irradiazione di calore dalla parte inferiore delle autovetture, non si riesce a mantenere il manto erboso. In questi casi si deve ricorrere all'utilizzo di ghiaia per il riempimento dei monoblocchi, facendo attenzione ad usare inerti con diametri di almeno 0.8-1 cm per evitare che la pressione delle auto, gli olii e le intemperie possano favorire una riduzione significativa della capacità di filtrazione. Il dimensionamento strutturale delle pavimentazioni permeabili va eseguito in seguito a una dettagliata	



Comune di Bologna



ATKINS



PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (*Pervious pavement*)

SCHEDA T8

stima dei carichi previsti. In linea indicativa, si riportano di seguito spessori tipici adottati per le quattro tipologie di pavimentazioni permeabili presentate in funzione di diverse classi di traffico.

A - MASSELLI POROSI			
Categoria di traffico	Spessore minimo strato superficiale	Strato di allettamento	Sottofondo drenante
0 – aree pedonali	60 mm	50 mm	sufficiente a fornire una base di costruzione adatta
1 – marciapiedi e piste ciclabili	60 mm	50 mm	100 mm
2 – parcheggi e strade di accesso	60 mm	50 mm	150 mm
3 – cortili e spiazzi	60 mm	50 mm	225 mm
4 – piazzali e strade poco trafficate, piazzali di mercato	80 mm	50 mm	300 mm
B - CUBETTI O MASSELLI CON FUGHE LARGHE INERBITE			
Categoria di traffico	Spessore minimo strato superficiale	Strato di allettamento	Sottofondo drenante
0 – aree pedonali	A seconda del fornitore	50 mm	sufficiente a fornire una base di costruzione adatta
1 – marciapiedi e piste ciclabili	A seconda del fornitore	50 mm	100 mm
2 – parcheggi e strade di accesso	A seconda del fornitore	50 mm	150 mm
3 – cortili e spiazzi	A seconda del fornitore	50 mm	225 mm
C – GRIGLIATI IN CALCESTRUZZO INERBITI			
Categoria di traffico	Spessore minimo strato superficiale	Strato di allettamento	Sottofondo drenante
2 – parcheggi e strade di accesso	80 mm	50 mm	150 mm



Comune di Bologna

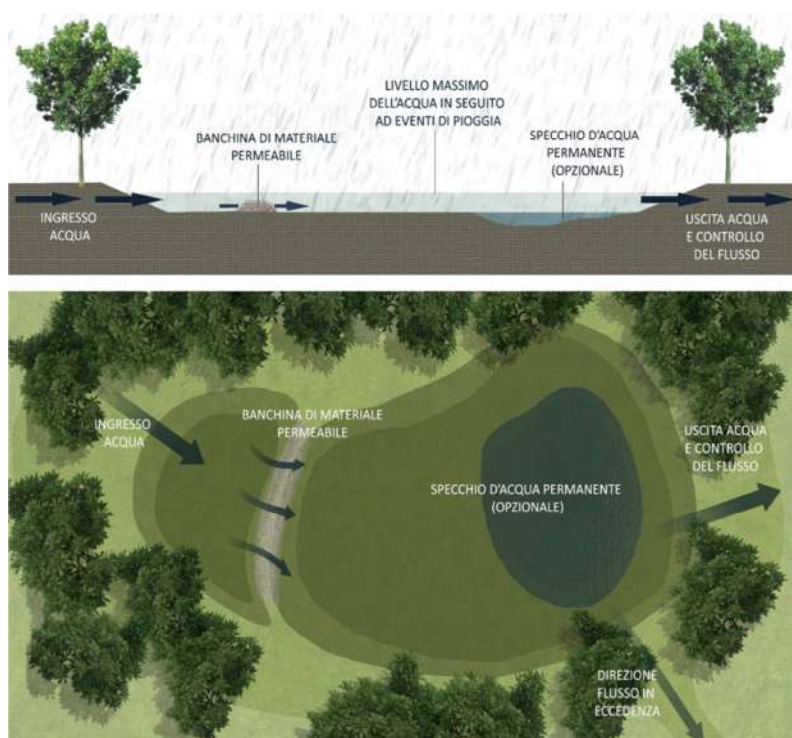


ATKINS



PAVIMENTAZIONI PERMEABILI (<i>Pervious pavement</i>)				SCHEDA T8
D – GRIGLIATI PLASTICI INERBITI				
Categoria di traffico	Spessore minimo strato superficiale	Strato di allettamento	Sottofondo drenante	
2 – parcheggi e strade di accesso	30-50 mm	50 mm	150 mm	
ASPETTI MANUTENTIVI <i>Mensilmente</i> - Controllo che la superficie del pavimento sia libera da sedimenti; - Assicurarci che il sistema si prosciughi fra due eventi consecutivi. - Controllare che la superficie drenata e la pavimentazione siano libere da detriti; - Adeguata manutenzione nel caso di malfunzionamenti. <i>Annualmente</i> - Ispezione per individuare eventuali danneggiamenti. <i>Ogni 3-4 anni</i> - Pulizia del pavimento per aspirazione, per liberare la superficie dai sedimenti.				
ESEMPI Esempio di pavimentazione permeabile non vegetata  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" Esempio di pavimentazione permeabile vegetata  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"				

BACINI DI DETENZIONE (<i>Detention basins</i>)	SCHEMA T9
DESCRIZIONE I bacini di detenzione sono spazi vegetati poco profondi, atti allo stoccaggio superficiale temporaneo e al controllo del flusso dell'acqua meteorica. Si tratta di aree costituite da piccoli invasi dal fondo permeabile, progettate per rimanere asciutte la maggior parte del tempo. Il loro funzionamento è quello di ricevere e trattenere temporaneamente le acque di pioggia a seguito degli eventi meteorologici, per poi svuotarsi lentamente nell'arco di 24 ore attraverso sistemi di filtrazione installati per tenere fuori i detriti. Svolgono sia la funzione di controllare il deflusso superficiale dell'acqua sia quella di permettere la sedimentazione dei solidi sospesi presenti nelle acque di prima pioggia, pertanto devono essere dimensionati per assolvere ad entrambe tali funzioni. Sostanzialmente, assolvono la funzione delle vasche volano, ma inserite in un tessuto urbano con approccio multifunzionale, cioè sfruttandole anche a scopo fruitivo.	
VANTAGGI - riceve una vasta gamma di eventi di pioggia; - buona riduzione del flusso di picco - sistema semplice da progettare e costruire; - richiede poca manutenzione;	SVANTAGGI - profondità di detenzione limitate ai livelli di ingresso e uscita del sistema - interventi estensivi che richiedono un'ampia area
POSIZIONAMENTO OTTIMALE I bacini di detenzione, considerando le loro versatilità di forme e dimensioni, possono essere integrati molto bene con il paesaggio. La posizione ottimale è in zone con ampie quantità di superfici impermeabili e in fase di cambiamento climatico, la costruzione di tali sistemi può essere particolarmente importan-	





Comune di Bologna



ATKINS



BACINI DI DETENZIONE (<i>Detention basins</i>)	SCHEDA T9
te per la sicurezza, per consentire alla comunità di tenere il passo con i mutevoli livelli di precipitazioni. I bacini di detenzione possono assumere una varietà di forme adattabili alla morfologia del territorio e sono particolarmente adatte in: - zone residenziali - zone commerciali/industriali - zone ad alta densità - all'interno di aree verdi esistenti - aree marginali della città	
LIMITI DI UTILIZZO Come regola generale, i bacini di ritenzione, dovrebbero essere attuati per aree di drenaggio superiori a 3 acri. Sui siti più piccoli può essere difficile fornire il controllo dato che il diametro di uscita sarebbe ridotto (< 150 mm) e a rischio intasamento. Se progettati anche a scopo fruitivo in tempi secchi, è bene non avere profondità maggiori di 1,2 m per motivi di sicurezza. In questo caso, va prevista una gestione degli spazi pubblici in sicurezza idraulica ed in collaborazione con la protezione civile. Sono consigliate, inoltre, anche attività educativa della popolazione che fruirà dell'area, spiegando il funzionamento dell'area e la possibilità che l'area venga allagata per un paio di giorni all'anno. Va verificato l'evitarsi di fenomeni di falda alta, in modo da evitare la riduzione del volume utile d'invaso in concomitanza con gli eventi di pioggia. I bacini sono tipicamente dimensionati per invasare i volumi derivanti da tempi di ritorno pari a 10, 30 o a 100 anni. Dati i volumi in gioco, e la bassa profondità utilizzabile, bacini di detenzione multifunzionali a scopo fruitivo in ambiente urbano sono difficilmente progettabili per tempi di ritorno superiori ai 10 anni.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> I bacini di detenzione devono essere realizzati evitando ogni tipo di rivestimento dell'alveo e delle sponde, ad eccezione di quelli necessari a proteggere i manufatti idraulici. I bacini di detenzione sono tipicamente <u>non impermeabilizzati</u>, date le vaste superfici. L'impermeabilizzazione è da prendere in considerazione solo in aree con alta vulnerabilità della falda. Nei bacini non impermeabilizzati, se possibile, è consigliato dimensionare le <u>aree di infiltrazione</u> in modo da infiltrare un volume di pioggia pari a 5 mm sulla superficie drenata. E' consigliata prevedere una <u>area di calma</u> all'ingresso del bacino, delimitata ad esempio da una banchina di materiale permeabile (ad esempio pietrame), in grado di ridurre le velocità in ingresso e permettere la sedimentare del materiale solido convogliato dalle acque di pioggia. Si consiglia di prevedere sempre un <u>troppo pieno</u> per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi	



Comune di Bologna



ATKINS



BACINI DI DETENZIONE (<i>Detention basins</i>)	SCHEDA T9
al di sopra dell'evento di progetto (p.es. tempo di ritorno 200 anni), da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque. La <u>capacità di trattamento</u> delle acque di runoff può essere massimizzando prevedendo piccoli stagni e zone umide (Scheda T10) all'uscita dei bacini di detenzione. Le <u>aree a maggior vocazione fruttiva</u> possono essere progettate come allagabili frequentemente, con tempi di ritorno di 1-5 anni. I <u>manufatti di ingresso e ed uscita</u> delle acque non devono essere resi accessibili dalla popolazione, ma solo dal personale addetto alla manutenzione. In prossimità dell'ingresso è da prevedere un adeguato sistema di dissipazione di energia (p.es., blocchi di pietra), per limitare il rischio di erosione. All'uscita è tipicamente necessario un manufatto di controllo, con tubazioni che fungano da bocca tarata e un sistema di troppo pieno (p.es. stramazzo). E' da valutare di posizionare dei sistemi di dissipazione dell'energia anche all'uscita del bacino di detenzione. I bacini di detenzione sono tipicamente <u>vegetati</u> con prato, ma è possibile prevedere l'inserimento di altre specie per aumentare il valore paesaggistico e la biodiversità dell'area. Piantagioni possono essere messe a dimora sulle sponde per aumentarne la stabilità. Alcuni bacini di detenzione non vegetati sono stati implementati con successo in aree ad alta urbanizzazione, come ad esempio la Water Plaza di Rotterdam. Un minimo di 100 mm di suolo è necessario in caso di bacini di detenzione vegetati. <i>Dimensionamento</i> Di seguito vengono riportati una serie di criteri dimensionali tipicamente adottati per i bacini di detenzione: - Generalmente la forma non è geometrica ma irregolare e morbida per integrarsi con l'ambiente naturale - La profondità degli invasi varia dai 30 ai 150 cm (eventuali aree a profondità maggiore non sono utilizzabili per scopi fruttivi per motivi di sicurezza) - Il rapporto di lunghezza - larghezza del bacino deve essere compreso tra 3:1 e 5:1 - Il rapporto della pendenza delle sponde dovrà essere 3:1 - La superficie piana del bacino dovrà avere una pendenza dell'1% verso il sistema di uscita, per massimizzare il tempo di contatto (e quindi l'infiltrazione – velocità massima 0.3 m/s per evento con tempo di ritorno 1 anno), limitare i fenomeni erosivi e il formarsi di ristagni durante la fase di svuotamento - l'area di calma, se prevista, ha tipicamente una superficie del 10% dell'area complessiva - I sistemi di entrata/uscita dell'acqua devono essere posizionati dove vi è il massimo percorso di flusso	
ASPETTI MANUTENTIVI E' importante garantire un accesso in sicurezza i bacini di detenzione per le attività di manutenzione. Le operazioni di manutenzione sono da effettuare principalmente dopo eventi meteorici intensi. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli rego-	



Comune di Bologna



ATKINS



BACINI DI DETENZIONE (<i>Detention basins</i>)	SCHEDA T9
lamente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi. <i>Manutenzione ordinaria</i> - rimozione detriti e rifiuti; - sfalcio della vegetazione; - ispezione sistemi di ingresso/uscita ed eventuale pulizia - monitoraggio e rimozione dei sedimenti se richiesto	
ESEMPI Bacino di detenzione non vegetato  <i>Water Plaza, Rotterdam (Olanda)</i> Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" Bacino di detenzione vegetato  Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"	



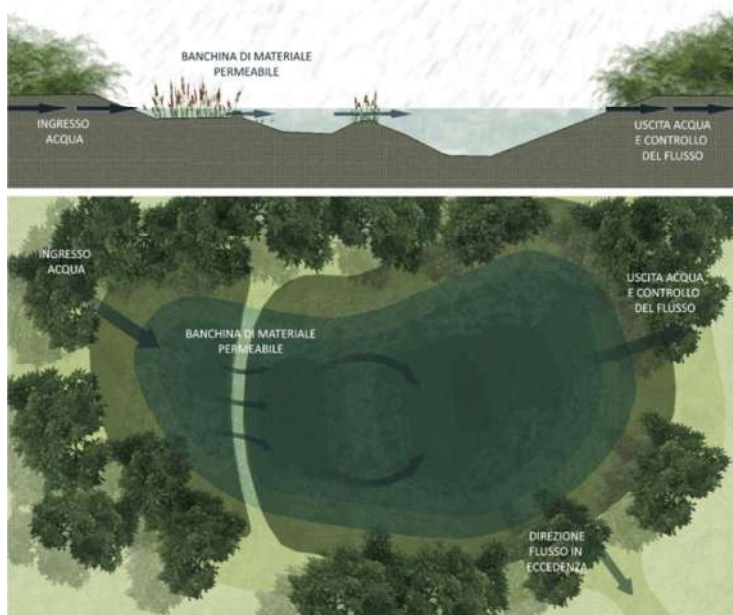
Comune di Bologna



ATKINS



STAGNI E ZONE UMIDE/FITODEPURAZIONE (<i>Ponds and Wetlands</i>)	SCHEDA T10
DESCRIZIONE Gli stagni e zone umide sono bacini con uno specchio d'acqua permanente in cui vengono convogliate le acque di pioggia e possono essere progettati per fornire più obiettivi quali laminazione, trattamento delle acque di pioggia, aumento della biodiversità e delle potenzialità fruibili dell'area. Esse possono avere aree a diverse profondità, in modo da poter mettere a dimora diverse specie vegetali. Si parla di stagni quando sono prevalenti le aree a specchio libero più profonde su quelle vegetate, mentre si parla di zone umide quando la maggior parte dell'area è a profondità più bassa e vegetata. Tali sistemi possono prevedere un innalzamento del pelo libero nel caso si voglia laminare le acque di pioggia. Allo stesso modo, si può prevedere che il pelo libero oscilli in modo da accumulare le acque di pioggia ai fini di riuso (p.es. irrigazione delle aree a verde). Attraverso sistemi di trattamento, processi naturali e vegetazione acquatica emergente e sub-emergente, avviene la rimozione biologica degli inquinanti prima che l'acqua venga reimpressa nei corpi idrici. Si parla di fitodepurazione quando questi sistemi vengono progettati principalmente per il trattamento delle acque di prima pioggia di reti separate o le acque di sfioro di reti miste. Se utilizzate per il <u>trattamento degli sfioratori da fognatura mista</u>, si prediligono impianti di fitodepurazione a flusso sommerso (cioè senza che l'acqua rimanga in superficie durante i periodi secchi); ciò, tuttavia, non comporta una impossibilità di inserimento paesaggistico in aree ad alta valenza fruibili.	
VANTAGGI - Alta capacità di rimozione di inquinanti, specialmente per le zone umide - Riduzione del flusso di picco - Alta potenzialità fruibili e paesaggistica - Alta capacità di aumento della biodiversità - Possibilità di uso come accumulo delle acque di pioggia a fine di riuso - Ideali per attività di educazione ambientale	SVANTAGGI - Da valutare il rischio di proliferazione di insetti se alimentate esclusivamente con acque di pioggia - Soluzioni estensive che richiedono una più ampia superficie per essere implementate





Comune di Bologna



ATKINS



STAGNI E ZONE UMIDE/FITODEPURAZIONE (<i>Ponds and Wetlands</i>)	SCHEDA T10
POSIZIONAMENTO OTTIMALE Gli stagni e le zone umide sono tipicamente nelle aree di nuovo sviluppo, e sono adatti in: - Zone residenziali - Zone commerciali / industriali - Siti contaminati Possono essere implementate anche in aree esistenti durante operazioni di riqualificazione a patto che vi siano adeguate aree a disposizione.	
LIMITI DI UTILIZZO Gli stagni e le zone umide non sono adatte in: - Zone ad alta densità abitativa - Aree ripide E' bene non avere profondità delle aree a stagno maggiori di 1,2 m per motivi di sicurezza. In caso di profondità maggiori, è consigliabile recintare le aree a profondità maggiore. Sempre per motivi di sicurezza, è appropriato prevedere degli innalzamenti del pelo libero non superiori a 0,5 m durante gli eventi di pioggia per stagni o zone umide di piccola/media dimensione. Oscillazioni maggiori possono essere previste per sistemi di grandi dimensioni, o con accurate considerazioni in merito alla sicurezza. Nel caso di zone umide, va comunque considerato che l'innalzamento sia compatibile con le condizioni di sopravvivenza delle specie messe a dimora. Se non impermeabilizzata, per mezzo di bilancio idrico va sempre verificato che la capacità di infiltrazione del terreno non pregiudichi la permanenza dello strato di acqua permanente di progetto.	
INDICAZIONI DIMENSIONALI E PROGETTUALI <i>Considerazioni preliminari</i> E' bene prevedere <u>forme naturaliformi</u>, adattabili alla topografia specifica e alle condizioni di terreno presenti sul sito, come così come il suo orientamento, l'aspetto e la vicinanza a altre caratteristiche paesaggistiche, edifici, ecc. In linea generale, le forme devono essere progettate secondo le seguenti indicazioni: - Punti di immissione gradual, evitando zone morte dovute ad angoli, massimizzando la capacità di sedimentazione aumentando il più possibile la sezione di flusso, riducendo le velocità - In caso di stagni o zone umide molto estese, dividere le stessi in più sottobacini, in modo da ottimizzare i processi di depurazione e facilitare le operazioni di gestione e manutenzione - Prevedere per le zone umide aree a diverse profondità per massimizzare la biodiversità, mettendo a dimora diverse specie vegetali, con elofite in aree a profondità minori (massimo 40 cm in periodi secchi) e idrofite in aree a profondità maggiore (tipicamente 1 m) - Prevedere una zona di calma a profondità maggiore nel punto di uscita delle acque per evitare ri-	



Comune di Bologna



ATKINS



STAGNI E ZONE UMIDE/FITODEPURAZIONE (<i>Ponds and Wetlands</i>)	SCHEDA T10
schio di sollevamento dei sedimenti depositati E' consigliata prevedere una <u>area di calma</u> all'ingresso del bacino, delimitata ad esempio da una banchina di materiale permeabile (ad esempio pietrame), in grado di ridurre le velocità in ingresso e permettere la sedimentare del materiale solido convogliato dalle acque di pioggia. In alternativa, nel caso di acque maggiormente inquinate, o di scarichi da fognatura mista, è consigliato l'uso di un <u>sedimentatore</u> interrato come pretrattamento, in modo da ridurre l'impatto estetico (p.es. oli) e il rischio di cattivi odori. E' importante, specialmente per le zone umide che hanno una profondità d'acqua minore, stimare un <u>bilancio idrico</u> al fine di verificare che le immissioni siano sufficienti a compensare l'evapotraspirazione, in modo da prevenire il rischio di periodi senz'acqua o con acque eccessivamente stagnanti, le quali possono favorire la proliferazione di insetti. Si consiglia di prevedere sempre un <u>troppo pieno</u> per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi al di sopra dell'evento di progetto (p.es. tempo di ritorno 200 anni), da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque. Gli stagni e le zone umide sono tipicamente impermeabilizzanti con <u>geomembrana plastica</u>, a meno di particolari condizioni favorevoli del suolo (alto contenuto di argille e minima infiltrazione). Al di sopra viene posto uno <u>strato di ghiaia</u>. Inoltre, il fondo delle zone umide è realizzato ponendo uno <u>strato di terreno</u>, volto a permettere la messa a dimora delle piante. Dato il basso carico di nutrienti veicolato dalle acque di pioggia, è bene verificare che le caratteristiche del terreno siano tali da consentire un adeguato supporto alla vegetazione in termini di nutrienti. Il <u>dimensionamento</u> è normalmente basato sullo stoccaggio del volume di inondazione stimato piuttosto che sui parametri della qualità dell'acqua; a tal proposito, un valore indicativo per il dimensionamento degli stagni assume il valore del volume permanente uguale a 10-15 mm di pioggia sulla superficie drenata. Nel caso di dimensionamento con fini prevalentemente di trattamento di acque di prima pioggia da fognatura separata o di scolmi da fognatura mista, tali sistemi vanno dimensionati come impianti di <u>fitodepurazione</u>, seguendo i testi e i manuali di riferimento (p.es. Kadlec and Wallace, 2009. "Treatment Wetlands. 2nd Edition"; Tondera et al., 2018 "Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows"). Dato l'alto potenziale multidisciplinare, è bene includere nel team di progettazione ingegneri, geologi, biologi, naturalisti e architetti paesaggistici. Per la scelta della <u>vegetazione</u> è bene prevedere il coinvolgimento di architetti paesaggisti, agronomi o vivaisti. In generale, le caratteristiche da considerare per la scelta delle vegetazione da mettere a dimora sono: - Diverse altezze d'acqua - adattamento al carico inquinante veicolato dalle acque di pioggia - preferenza per piante native - inserimento paesaggistico - disponibilità di piante in vivai vicini al sito	



Comune di Bologna



ATKINS



STAGNI E ZONE UMIDE/FITODEPURAZIONE (*Ponds and Wetlands*)

SCHEDA T10

- ridotta necessità di manutenzione

I manufatti di ingresso e ed uscita delle acque non devono essere resi accessibili dalla popolazione, ma solo dal personale addetto alla manutenzione. In prossimità dell'ingresso è da prevedere un adeguato sistema di dissipazione di energia (p.es., blocchi di pietra), per limitare il rischio di erosione. All'uscita è tipicamente necessario un manufatto di controllo, con tubazioni che fungano da bocca tarata e un sistema di troppo pieno (p.es. stramazzo). E' da valutare di posizionare dei sistemi di dissipazione dell'energia anche all'uscita del bacino di detenzione.

Dimensionamento

A seguito della valutazione sopra citate si riportano di seguito una serie di valori indicativi di dimensionamento:

Parametro	Valori indicativi di dimensionamento
Profondità bacino	Profondità max 200 cm Limite per sicurezza persone 120 cm, in ogni caso da verificare secondo normative comunali eventuali misure di protezione tipo dissuasori, parapetti o recinzioni
Pendenza sponde	Max 30 %
Rapporto lunghezza larghezza	Min 3:1 Tipico 4:1 o 5:1
Area di calma (facoltativa)	10% dell'area complessiva
Strato di terreno zone umide	20-40 cm
Strato di ghiaia	5-15 cm
Materiale tessuto impermeabile	HDPE o EPDM

ASPETTI MANUTENTIVI

E' importante garantire un accesso in sicurezza agli stagni e alle zone umide per le attività di manutenzione. Le operazioni di manutenzione sono da effettuare principalmente dopo eventi meteorici intensi. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi.

Trimestrale

- Rimozione di detriti e rifiuti



Comune di Bologna



ATKINS



STAGNI E ZONE UMIDE/FITODEPURAZIONE (<i>Ponds and Wetlands</i>)	SCHEDA T10
- ispezione sistemi di ingresso/uscita ed eventuale pulizia - Ispezione delle acque per evidenziare possibili ridotte capacità di trattamento delle acque - Controllare stato di salute delle piante (malattie, scarsa crescita, presenza di piante invasive) <i>Annualmente</i> - Monitoraggio e rimozione sedimenti da area di calma o sedimentatore - Sfalcio vegetazione <i>Straordinaria</i> - Rimozione sedimenti accumulati sul fondo (tipicamente ogni 10-15 anni)	
ESEMPI Stagno in zona periurbana Fonte: Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual" Stagni e zone umide in area urbana Tanner Springs Park, Portland (USA)	

4.2 Benefici delle tecniche SuDS all'adattamento ai cambiamenti climatici

Le tecniche di drenaggio urbano sostenibile (SuDS) assolvono un insieme diversificato di funzioni: oltre a quelle propriamente connesse alla gestione delle portate idriche, esse forniscono una serie di benefici multidisciplinari come il miglioramento della qualità delle acque o l'aumento della biodiversità in ambiente urbano, o il raffrescamento e il miglioramento del microclima. Di seguito vengono identificati e descritti 4 possibili obiettivi di progettazione che possono essere perseguiti con tecniche SuDS, inerenti all'adattamento ai cambiamenti climatici nella gestione delle acque. Al termine è invece riportata una tabella che compara in modo qualitativo le diverse tecniche SuDS presentate da Scheda T1 a Scheda T10 in funzione dei diversi obiettivi; la tabella ha funzione puramente indicativa e comparativa, per l'esclusione o la scelta di una determinata tecnologia è comunque necessaria l'analisi di dettaglio del contesto di inserimento dell'opera.

Gestione del rischio di siccità

La siccità può essere considerata come una diminuzione temporanea della disponibilità media di acqua a causa, ad esempio, della mancanza di precipitazioni. L'impatto della siccità può avvenire a causa di scarse risorse idriche o dove le risorse idriche non sono gestite correttamente, con conseguenti squilibri tra le richieste di acqua e la capacità di offerta del sistema naturale.

La siccità produce una serie di impatti, che di solito si estendono ben oltre l'area specifica d'interesse. Ad esempio, essa può causare l'abbassamento del livello dei fiumi, portando ad una minore diluizione degli inquinanti e alla difficoltà di sopravvivenza per la fauna e la flora marginale ai bacini.

Gestione del rischio idrogeologico

Lo sviluppo urbano e la realizzazione di vaste superfici impermeabili hanno alterato il naturale drenaggio del territorio aumentando il volume totale di deflusso dell'acqua, rendendo le aree più suscettibili alle inondazioni. I sistemi di drenaggio devono essere progettati per adattarsi e gestire gli eventi estremi attenuando il flusso dell'acqua prima di immettersi in un corso d'acqua e predisponendo aree adibite alla laminazione delle acque nei contorni naturali permettendo la filtrazione graduale nel terreno e la evapotraspirazione naturale.

Gestione del surriscaldamento

La realizzazione di infrastrutture verdi e blu possono attenuare e moderare il così detto fenomeno delle "isole di calore", che sono previsti sempre più frequenti nelle città per via del cambiamento climatico e del surriscaldamento globale. Alcune tecniche SuDS, in particolare aree verdi e alberate, possono moderare la temperatura locale, contribuendo a regolare il comfort termico offrendo ombreggiamento e raffrescamento in estate.



Comune di Bologna



ATKINS



Miglioramento della qualità dell'acqua

Le attività quotidiane producono e immettono nel territorio numerosi elementi inquinanti come olio, sedimenti, fertilizzanti, pesticidi e rifiuti. Spesso questi agenti inquinanti non vengono gestiti tradizionalmente attraverso il drenaggio delle tubazioni, avviene così un inquinamento diffuso che avviene attraverso l'immissione in fognatura delle acque di dilavamento delle superfici causando un'influenza negativa sull'ambiente. Le tecniche Suds sono particolarmente indicate perché forniscono un netto miglioramento della qualità dell'acqua riducendo i sedimenti e i contaminanti dal deflusso attraverso il regolamento o la ripartizione biologica degli inquinanti. Ciò migliora la qualità dei corpi idrici a valle come corsi d'acqua, fiumi, laghi, acque di balneazione.

BENEFICI DELLE TECNICHE SUDS PER ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI				
TECNICA	GESTIONE DEL RISCHIO DI SICCITA'	GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	GESTIONE DEL SURRISCALDAMENTO	MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELLE ACQUE
T1: RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE	xxx	x		x
T2: TRINCEE INFILTRANTI	x	xx	x	x
T3: FASCE FILTRANTI	x	xx	xx	xx
T4: DRENI FILTRANTI	x	x	x	xx
T5: CANALI VEGETATI	x	x	xx	x
T6: AREE DI BIORITENZIONE VEGETATE	x	xx	xxx	xxx
T7: BOX ALBERATI FILTRANTI	x	xx	xxx	xx
T8: BACINI DI DETENZIONE	x	xxx	xx	xx
T9: PAVIMENTAZIONI PERMEABILI VEGETATE	x	x	x	xx
T9: PAVIM. PERMEABILI NON VEGETATE	x	x	xx	xx
T10: STAGNI e ZONE UMIDE	xx	xxx	xxx	xxx

4.3 Considerazioni sulle possibilità di retrofitting delle tecniche SuDS

L'integrazione delle tecniche SuDS nella progettazione del nuovo, tuttavia, costituisce solo una piccola parte delle attuali aree urbane. Si ritiene quindi opportuno incorporare questi sistemi nelle aree sviluppate esistenti, in modo tale da aumentare le soluzioni sostenibili.

Il termine retrofit è utilizzato quando le tecniche SuDS sono destinate a sostituire ed aumentare un sistema di drenaggio esistente in un bacino idrografico sviluppato, sfruttando aree esistenti senza cambiarne la destinazione d'uso. Esempi di SuDS di retrofit potrebbero essere l'inserimento, di pavimentazioni permeabili, di rain garden in giardini delle abitazioni, la deviazione del drenaggio del tetto in un sistema di raccolta e accumulo, o il convogliare del deflusso stradale in aree a verde di arredo stradale riadibite ad area di bioritenzione (vedasi Figura 14).

Tali misure sono modi alternativi per combattere il rischio idrogeologico e migliorare la qualità delle acque, fornendo potenzialmente soluzioni più efficaci e sostenibili in generale.

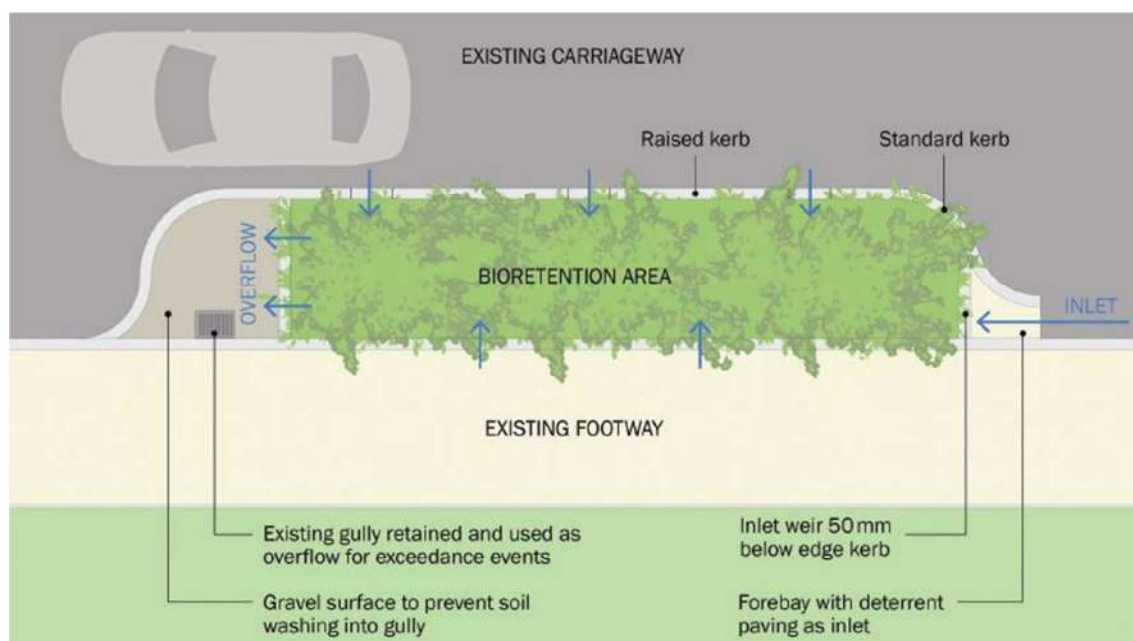


Figura 14. Esempio di area verde soggetta a retrofitting in ottica SuDS, trasformandola in un'area di ritenzione vegetale (Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"): i cordoli stradali vengono rialzati in alcuni punti, per non fare attivare i tombini esistenti, e rimossi in altri, per permettere l'ingresso delle acque di pioggia nell'area verde; il tombino esistente viene mantenuto con funzione di troppo pieno nel caso di piogge intense.

Per evidenziare i benefici di una politica di retrofitting delle aree a verdi esistenti si riportano i risultati del censimento delle aree pavimentate più rilevanti sui 6 comuni coinvolti nel progetto "Alto Seveso Naturale e Urbano oltre il 2015" (San Fermo della Battaglia, Cavallasca, Montano Lucino, Villaguardia, Grandate, Luisago), riassunti nella scheda seguente.



Comune di Bologna



ATKINS



CENSIMENTO AREE PAVIMENTATE ALTO SEVESO E POTENZIALITA' DI RETROFITTING SUDS

METODOLOGIA

E' stato effettuato un **censimento delle aree pavimentate più rilevanti** sui 6 comuni d'interesse dell'Alto Seveso (San Fermo della Battaglia, Cavallasca, Montano Lucino, Villaguardia, Grandate, Luisa-go). Tale censimento è stato di natura speditiva, e non di dettaglio, e ha avuto il solo scopo di quantificare i possibili benefici di un approccio SuDS a larga scala, fornendo possibili spunti ai comuni interessati in merito all'adozione di politiche SuDS in futuro. Il censimento speditivo è stato effettuato per mezzo sia di rilievi di campo che virtualmente con Google Earth (analizzando le mappe e per mezzo dei tour virtuali disponibili con Street View). Per area pavimentata rilevante si è considerato ogni parcheggio con superficie maggiore di 200 mq, includendo le vie di percorrenza secondarie all'interno del parcheggio, ma trascurando le strade principali al suo esterno. Per ogni area pavimentata si è provveduto a definire le seguenti caratteristiche:

- Riferimenti stradali
- Proprietà
 - Pubblico: se identificato nel PGT comunale
 - Privato: se non identificato nel PGT comunale
- Superficie (in mq)
- **Tipologia di pavimentazione**: qualitativa, cioè non considerante la possibilità di utilizzo di asfalti filtranti
 - Impermeabile
 - Infiltrante
- Arredamento a verde
 - Presente
 - Assente
- **Note**: informazioni aggiuntive utili all'identificazione delle aree pavimentate censite



Comune di Bologna



ATKINS



CENSIMENTO AREE PAVIMENTATE ALTO SEVESO E POTENZIALITA' DI RETROFITTING SUDS

ESEMPI SCHEDE CENSIMENTO PARCHEGGI

G_P3

Comune

Grandate

Riferimenti stradali

Via Tomese

Proprietà

Privato

Superficie

7731 mq

Tipologia superficie

Impermeabile

Amedamento verde

Presente

Note

Area Industriale: Chicco



G_P4

Comune

Grandate

Riferimenti stradali

SP35 - Via Giacomo Leopardi

Proprietà

Pubblico

Superficie

16554 mq

Tipologia superficie

Infiltrante

Amedamento verde

Presente

Note

Centro Commerciale: Iper



RISULTATI

Il censimento ha portato ad identificare una superficie pavimentata su tutto il bacino pari a **381.280 mq**. La maggioranza delle aree pavimentate è risultata impermeabile, come si vede dalla figura seguente. Al tempo stesso la stessa figura evidenzia come la maggioranza delle aree pavimentate sia tuttora arredata con delle aree verdi (aree a prato, alberature, etc.), quindi l'area ha un'ampia potenzialità di retrofitting con tecniche SuDS.

Comune	Superficie pavimentata [mq]
Cavallasca	9.446
San Fermo della Battaglia	20.057
Montano Lucino	147.714
Grandate	102.469
Villaguardia	61.539
Luisago	40.055
Totale	381.280

Superfici pavimentate risultanti dal censimento



Comune di Bologna



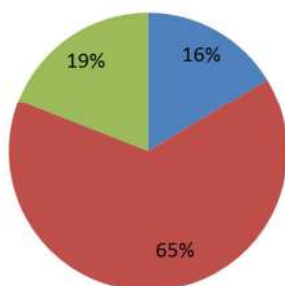
ATKINS



CENSIMENTO AREE PAVIMENTATE ALTO SEVESO E POTENZIALITA' DI RETROFITTING SUDS

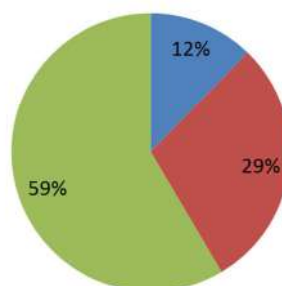
Tipologia di pavimentazione

■ n..p. ■ Impermeabile ■ Infiltrante



Arredamento a verde

■ n..p. ■ Assente ■ Presente



Risultati del censimento delle aree pavimentate dei comuni di Cavallasca, San Fermo della Battaglia, Montano Lucino, Grandate, Villaguardia e Luisago, catalogati sulla base della tipologia di pavimentazione e dell'arredo a verde

POTENZIALI BENEFICI IN SEGUITO A RETROFITTING SUDS

Definendo una serie di parametri idrologici ed idraulici sulla base delle linee guida esistenti ("The SuDS Manual" - Woods Ballard et al. 2015), si sono fornite delle identificazioni in merito ai potenziali benefici di una politica SuDS adottata su tutto il bacino d'interesse.

Ipotizzando di convertire le aree pavimentate censite impermeabili in pavimentazione permeabili, **a livello idrologico**, queste azioni comporterebbero una riduzione dei volumi di runoff generati dalle aree pavimentate stesse, e concorrenti alla formazione di fenomeni di piena del corpo idrico, del 60%. **A livello idraulico**, invece, su un totale di 636.738 mc di piogge medie annue ricadenti sulle aree pavimentate (1670 mm di pioggia media annua), nell'ipotesi di condizioni idrogeologiche favorevoli (suoli con alta capacità infiltrante e presenza di falda profonda) tra i 183.014 mc/anno e i 366.029 mc/anno (29 e 57% del totale, assumendo 5 mm e 10 mm infiltrati per ognuno dei 96 giorni medi di pioggia annui, rispettivamente) potrebbero essere infiltrati (1900-3800 mc di media per evento). Per quanto riguarda la **laminazione**, il pacchetto drenante mette a disposizione significativi volumi di accumulo temporaneo: con le ipotesi della tabella precedente circa 68.630 mc potenzialmente disponibili in maniera diffusa sul territorio ad ogni evento. Tale capacità di laminazione rimane inalterata anche nelle condizioni idrogeologiche più sfavorevoli (suoli con capacità infiltrante trascurabile e presenza di falda alta) quando non si può sfruttare la componente di infiltrazione nel sottosuolo.

In molti casi però si possono prevedere **azioni di retrofitting** che garantiscono gli stessi benefici in termini di capacità di infiltrazione nel sottosuolo, ma volumi di laminazione disponibili minori: considerando il 2% di superficie richiesta per i SUDS (aree vegetate, trincee filtranti, rain garden etc), si hanno comunque a disposizione circa 4-5000 mc/evento.

Interventi di retrofitting mediante SuDS, assieme ove possibile ed economicamente conveniente alla



Comune di Bologna



ATKINS



CENSIMENTO AREE PAVIMENTATE ALTO SEVESO E POTENZIALITA' DI RETROFITTING SUDS

conversione di aree pavimentate impermeabili in permeabili, può essere quindi anche una **opportunità per avere una non trascurabile capacità di laminazione diffusa sul territorio**. L'inserimento dei SuDS garantisce inoltre una maggiore protezione ambientale e capacità depurativa rispetto a semplici interventi di sostituzione della pavimentazione; infine, quando i SuDS includono una componente vegetale significativa, migliorano la resilienza del territorio verso l'impatto dei cambiamenti climatici contribuendo al miglioramento del microclima e alla mitigazione degli effetti delle isole di calore.

5. UN ESEMPIO DI APPROCCIO SUDS SUL CASO STUDIO DI BOLOGNA: L'ECO-BOULEVARD E LA ARENA DELL'ACQUA NEL QUARTIERE LAZZARETTO

Il progetto “**Climate Change Adaptation and Resilient Cities**” finanziato dalla European Investment Bank è stato svolto da Atkins e IRIDRA Srl su città caso studio, Bologna e Newcastle. Per quanto riguarda Bologna sono stati scelti due aree di intervento:

1. Quartiere di Lazzaretto
2. Miglioramento della qualità delle acque dei navili

L'esempio proposto in questo capitolo deriva da una delle proposte fatte per l'adattamento ai cambiamenti climatici del Quartiere di Lazzaretto, su cui è previsto un nuovo progetto di urbanizzazione per un totale di 73 ettari destinati a vari usi (residenziale, pubblico, educativo). La nuova urbanizzazione del quartiere di Lazzaretto è stata studiata nel dettaglio, in termini di superfici impermeabili, sistemi di drenaggio e capacità di ritenzione previsti.



Figura 15. Planimetria del progetto di urbanizzazione del quartiere di Lazzaretto



Comune di Bologna



Una serie di azioni sono state identificate come in grado di migliorare il progetto di Lazzaretto in termini di adattamento ai cambiamenti climatici, dalla irrigazione di aree verdi per termoregolazione a diverse soluzioni di gestione sostenibile delle acque (risparmio idrico, raccolta della pioggia, separazione trattamento e recupero delle acque grigie con soluzioni naturali, drenaggio urbano sostenibile ed infrastrutture verdi). Una prima analisi multicriterio (*Multicriteria Analysis – MCA*) semplificata, e basata sul solo giudizio degli esperti, è stata sviluppata per selezionare le soluzioni tecniche più promettenti rispetto all'adattamento ai cambiamenti climatici degli ambienti urbani (Tabella 3).

No	Climate Risk	Options	Effectiveness/Performance	Capital costs (CAPEX)	Operational Cost (OPEX)	Funding options	Time to Implement	Technical feasibility	Stakeholder acceptance	Co-benefits for secondary risk	Environmental impact	Social-economic impact	Uncertainty
1	Heat	Watering for green areas to improve thermoregulation	++	++	0	0	++	++	++	0	0	0	0
		White roofs	+	++	++	0	++	++	+	+	0	+	0
2	Drought, Heat, Heavy rainfall	Water sensitive re-design of green areas: Rainwater diversion in ponds and dry-wet retention basins in green area to reduce peak flow and to store water for irrigation	++	+	+	++	+	+	+	++	++	+	0
3	Drought, Heat	Centralized greywater treatment with CWs in green areas to reuse treated water for irrigation	++	0	+	+	+	+	+	+	+	0	0
		Decentralized greywater treatment in the lots and reuse for local watering/WC	++	0	+	+	+	+	+	+	+	0	0
		Decentralized rainwater harvesting and reuse for local watering/WC	+	0	++	+	+	++	++	++	+	0	0
4	Drought	Water saving design, educational campaigns, metering strategies	+	++	++	+	++	++	++	0	+	+	0
5	Drought, Heat	Impermeable SUDS on roads and parkings to reduce peak flow and improve water quality	++	+	+	++	+	++	+	++	++	+	0
6	Drought	Treated rainwater connected to Ghisiliera canal to improve water quality	+	+	++	0	0	+	++	+	+	0	0
7	Heat, Heavy rainfall	Green roofs	++	0	0	+	+	+	+	++	++	++	0
8	Drought, Heat	Green walls for greywater treatment	++	0	0	+	+	+	+	++	++	++	0
9	Heavy rainfall	Decentralized CWs for the treatment of the first flush	++	+	+	+	0	+	0	+	+	0	0

Legend	Scale
++	very good
+	good
0	neutral
-	poor
---	very poor

Tabella 3. Prima analisi multicriterio per la scrematura delle soluzioni tecniche più adatta alla risposta al cambiamento climatico in ambiente urbano

Le soluzioni tecniche selezionate dal primo MCA sono state organizzate in 2 alternative in base ai tre rischi identificati come legati ai cambiamenti climatici in ambiente urbano (Tabella 4):

- Siccità
- Isole di calore
- Piogge intense



Comune di Bologna



	Alternative 1 - options	option No	Alternative 2 - options	option No
Drought	rainwater reuse for WC	6	dec greywater reuse for WC	5
	water saving measures	7	water saving measures	7
	centralized greywater treatment and reuse	4	water sensitive re-design of green areas	3
Heat	watering for green areas	1	watering for green areas	1
	centralized greywater treatment and reuse	4	water sensitive re-design of green areas	3
	white roofs (90% of the roofs) - green roof 10%	2	white roofs (95%) - green roof (5%)	2
Heavy Rainfall	rainwater reuse for WC	6	water sensitive re-design of green areas	3
	impermeable SUDS on roads and parking	8	impermeable SUDS on roads and parking	8
	green roofs (10% of the roofs)	10	green roofs (5% of the roofs)	10

Tabella 4. Soluzioni tecniche selezionate per le due alternative proposte per l'adattamento ai cambiamenti climatici del comune di Lazzaretto

Le due alternative sono state valutate con una seconda analisi MCA, basata su una stima dettagliata dei costi previsti (sia di costruzione che di gestione) e di altri criteri quali la fattibilità a livello amministrativo, l'accettabilità a livello sociale e l'efficacia prevista per la risposta ai cambiamenti climatici. Sulla base delle preferenze per i diversi criteri (pesi) del comune di Bologna, l'Alternativa 1 è risultata la migliore (Figura 16).

Criteria	EVALUATION MATRIX OF THE CRITERIA	
	A_1	A_2
Costs	0.46	0.50
Administrative feasibility	0.60	0.80
Social acceptability	1.00	0.00
Effectiveness on key climate risks	0.85	0.55
FINAL RANK	0.71	0.52

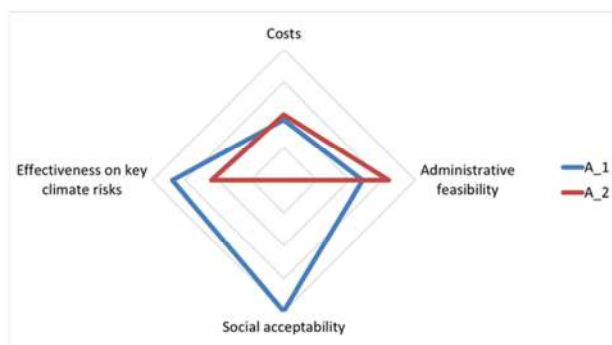


Figura 16. Risultati della seconda MCA per la scelta della migliore delle due alternative

L'Eco-boulevard e la Arena dell'acqua discussi in questo capitolo sono una delle proposte comprese nella migliore alternativa del caso studio di Lazzaretto (Alternativa 1) e sono stati scelti come esempio di drenaggio urbano sostenibile da inserire in queste linee guida, al fine di mostrare come l'approccio e le tecniche SuDS discusse in questo elaborato sia implementabili all'interno del Comune di Bologna, in linea con le Azioni previste dal Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della città. Nello studio EIB, l'eco-boulevard e la Arena dell'acqua sono stati predimensionati, proponendo un schema funzionale, stimando i costi di realizzazione e ge-



Comune di Bologna



ATKINS



stione e i benefici attesi (volume di ritenzione 200 m^3 , generati da 4600 m^2 di superficie drenata). Nell'ambito di questo elaborato, invece, è stato svolto il passo successivo in termini d'inserimento architettonico. Il posizionamento degli elementi SuDS deciso nello studio EIB è stato quindi inserito nell'ambiente urbano, ipotizzando arredi e fruibilità dell'area.

5.1 Funzionamento idraulico

L'Eco-Boulevard e l'Arena dell'acqua sono stati pensati lungo la dorsale centrale del nuovo quartiere di Lazzaretto e comprendono l'inserimento di soluzioni SuDS lungo un tratto di strada di 200 m , pensato come pedonale, e una piazza di 2500 m^2 . Sono state posizionate 14 aree di bioritenzione (*Bioretention systems* - Scheda T6), ognuna da 15 m^2 circa, canali vegetati asciutti con dreni (*Swales* - Scheda T5), e una area di detenzione asciutta in ambiente urbano (*Detention basin* - Scheda T6) di 1400 m^2 .



Figura 17. Eco-boulevard e Arena dell'Acqua previsti nel nuovo quartiere di Lazzaretto.

Il funzionamento idraulico del drenaggio urbano è mostrato in figura seguente: Le acque di dilavamento del Eco-Boulevard sono gestite in modo differente tra la parte destra e quella sinistra.



Comune di Bologna



ATKINS



Le acque di pioggia ricadenti sul lato destro vengono mandate alle aree di bioritenzione, mentre quelle ricadenti sulla sinistra vengono convogliate dai canali vegetati al bacino di detenzione nella piazza.

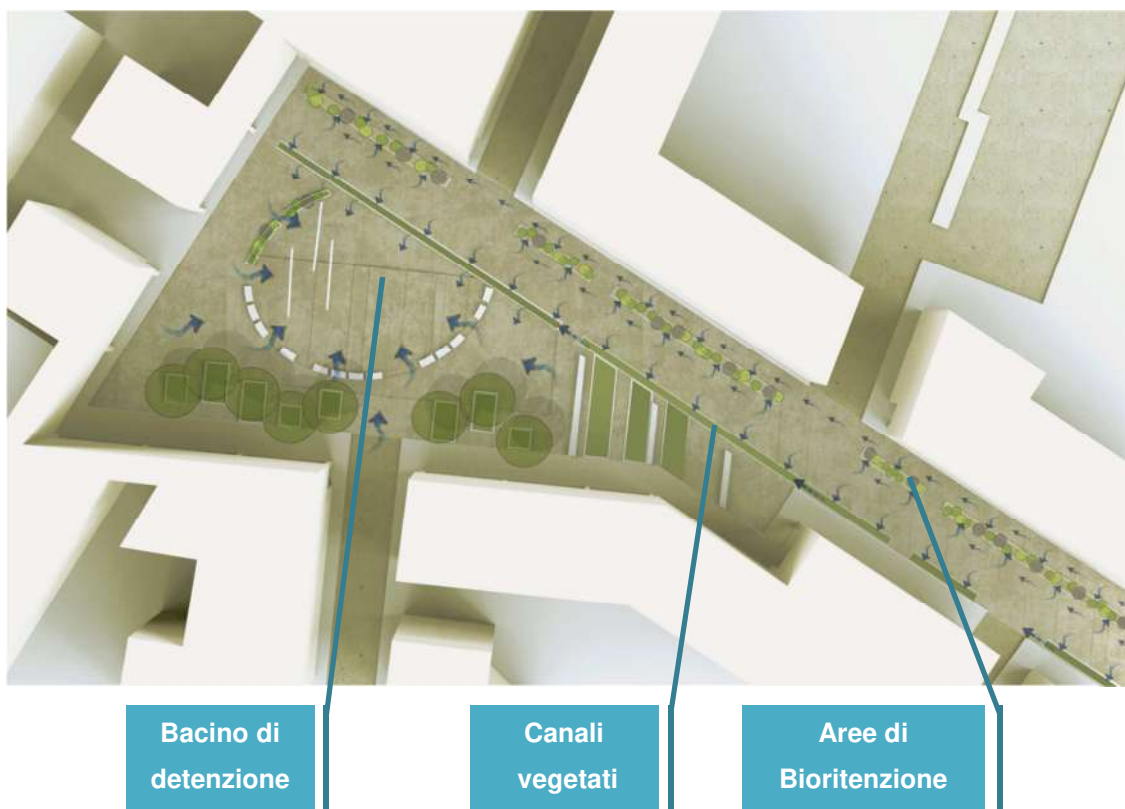


Figura 18. Schema di drenaggio del runoff urbano dell'Eco-boulevard e della Arena dell'acqua.

Le **aree di bioritenzione** hanno lo scopo di laminazione e trattamento delle acque di dilavamento. Esse sono quindi previste impermeabilizzate e collegate tra loro con dreni, in modo da avere una risposta più resiliente nel caso di malfunzionamento di una di esse. Tali dreni convogliano le acque infiltrate nelle aree di bioritenzione a pozzetti esterni alle stesse e attrezzati con una bocca tarata che scarichi nella fognatura di progetto, in modo tale da limitare le portate di infiltrazione, e quindi laminare le acque garantendo al tempo stesso un adeguato tempo di infiltrazione necessario per un efficace trattamento delle acque (principalmente rimozione dei solidi). Ogni area di bioritenzione, inoltre, è attrezzata con un troppo pieno che scarica nella fognatura esistente.

Il **bacino di detenzione**, inserito nel contesto urbano della Arena dell'Acqua, riceve le acque di pioggia ricadenti sulla parte sinistra dell'Eco Boulevard, convogliate dai canali vegetati, e quelle



Comune di Bologna



ATKINS



ricadenti sulla piazza stessa. La piazza mutua il concetto della Water Plaza di Rotterdam (vedasi esempio nella Scheda T9). Di fatti le acque di pioggia vengono scaricate presso un pozzetto con bocca tarata, mentre un secondo pozzetto è attrezzato con un troppo pieno. In tal modo le acque di pioggia vengono laminate, riducendo la portata di picco scaricata in fognatura e permettendo un allagamento controllato che investe diverse porzioni della piazza in funzione di diverse intensità di pioggia, sempre mantenendo un livello idrico di sicurezza (massimo 50 cm). Tale funzionamento è esplicito in Figura 19. Come pensata nello studio EIB, e come qui riproposta, la Arena dell'Acqua è stata pensata come esempio con una sola funzione di laminazione, oltre che estetica. Volendo aggiungere anche l'obiettivo di trattamento, fornita per le acque di dilavamento sul lato destro del Eco-Boulevard dalle aree di bioritenzione, la piazza potrebbe essere facilmente attrezzata per drenare le acque con aree di bioritenzione stesse inserite in modo coerente nell'ambiente urbano.



Comune di Bologna



ATKINS



+ 0 cm
(no pioggia)



+ 10 cm
(pioggia a bassa
intensità)



+ 30 cm
(pioggia a media
intensità)



+ 50 cm
(pioggia ad alta
intensità)



Figura 19. Diverse aree interessate e altezze delle acque laminate al variare delle intensità di pioggia

5.2 *Inserimento architettonico*

La filosofia architettonica adottata e' stata quella di trattare l'acqua come **un alleato prezioso da non sottovalutare** e come **un'interessante opportunità di trasformazione**. Un'idea semplice per combinare efficacemente sia le ambizioni di **adattamento ai cambiamenti climatici** e che quelle di **miglioramento della qualità urbana**. Le soluzioni SuDS proposte sono anche pensate con una funzione sociale e di educazione ambientale: l'acqua non è vista come un pericolo, ma è gestita all'interno dell'ambiente urbano in modo visibile, e non mandata il più velocemente possibile in fognatura; tale visibilità educa il cittadino all'abitudine dell'elemento acqua che interagisce col tessuto urbano.

Lo studio di fattibilità EIB ha identificato la possibilità di creare una piazza allagabile che solo all'apparenza ha la connotazione di spazio pubblico multifunzionale ma che, in realtà, nel caso di forti piogge, si trasforma in bacino di raccolta e stoccaggio delle acque piovane per un periodo a termine di circa 12-24 ore, così da alleggerire la pressione sull'impianto fognario.

Nasce così il progetto "Water Arena", la piazza d'acqua concepita per il quartiere Lazzaretto di Bologna Lazzaretto: una piazza opportunamente posizionata nell'area urbana di Lazzaretto, simbolo dell'aggregazione, ma allo stesso tempo spazio da attraversare e percorrere.

La piazza e' disegnata e studiata nella sua composizione architettonica, nei materiali e nei colori per donare un aspetto estetico piacevole a chi la attraversa e a chi ci staziona, ed è composta con un grande piano inclinato dall'andamento geometrico con leggeri salti di quote che, con la sua lieve pendenza, assicura al progetto continuità visiva e funzionale, sottolineando la fluidità e la facilità di accesso alla piazza.

Uno spazio pubblico multifunzionale che, a fronte di eventi di pioggia, si trasforma: grazie ad un attento studio delle pendenze del suolo e di canalizzazioni, l'acqua viene indirizzata nella Arena dell'Acqua creando specchi d'acqua facilmente visibili, tangibili, e soprattutto fruibili, nell'ambito di spazi pubblici vivaci funzionali e di gradevole aspetto estetico. La piazza accoglie un susseguirsi di aree verdi, fiori piante e alberi posti a sud che donando colore, vivacità e il giusto ombreggiamento ed è articolata da un susseguirsi di sedute disposte su un perimetro ellittico tese alla ricerca di uno spazio collettivo, intorno a giochi d'acqua che funzionano sfruttando il riutilizzo di acqua stoccata in un serbatoio a seguito dell'evento di pioggia.

I giochi d'acqua, che si azionano a cascata, scorrendo da tre strutture lineari apparentemente sospese e che si azionano con alternanza, rendono vivace e in continua trasformazione il luogo d'incontro.

L'ingresso alla Arena dell'Acqua (Figura 20) avviene in dialogo con gli elementi SuDS dell'Eco



Comune di Bologna



ATKINS



Boulevard pedonale, canali vegetati (*Swales* - Scheda T5) e aree di bioritenzione (*Bioretention systems* – Scheda T6), le quali accolgono un susseguirsi di piante di colori, dimensioni e tipologie diversificate, ma adatte alle tecniche SuDS. Che siano cioè locali e resistenti sia a periodi prolungati di siccità che a brevi fasi di allagamento



Figura 20. Percorso verso la piazza fiancheggiato dal canale inerbito e aree di bioritenzione

L'acqua di dilavamento delle strade verrà convogliata da una parte verso le aree di bioritenzione (Figura 22), disegnate all'interno di appositi cordoli intervallati da delle aperture per favorire la captazione dell'acqua. Mentre dall'altra parte le acque verranno convogliate verso un canale vegetato a quota inferiore rispetto il piano stradale, che immagazzina il fluido per dirottarlo verso la piazza.



Comune di Bologna



ATKINS



Figura 21. Eco Boulevard che porta alla Arena dell'acqua durante un evento di pioggia: vista sull'area di bioritenzione con sullo sfondo la Arena dell'acqua durante un evento di pioggia di forte intensità

Il cittadino entra così nella Arena dell'Acqua, entrando in contatto con questo elemento multifunzionale che cambia la propria percezione visiva in funzione degli eventi di pioggia, trasformandosi in una vera e propria "piazza d'acqua" o rimanendo elemento di fruizione libero in periodi asciutti.

Difatti, in assenza di acqua la piazza è fruibile nella sua totalità (circa 2000 mq), come parco giochi, teatro, luogo d'interessi comuni e aggregazione. Con **piogge di bassa intensità**, invece, la Arena dell'Acqua svolge una prima funzione di "raccolta disciplinata" delle acque piovane, che viene indirizzata laddove la piazza ha quota minore, creando un primo specchio d'acqua di profondità massima di dieci centimetri, racchiuso tra la piazza, l'arredo architettonico e il canale vegetando. Tale area diventa, quindi, fulcro ed elemento centrale della composizione architettonica (Figura 22 e Figura 23) durante eventi di bassa intensità, abituando frequentemente il cittadino ad *"avere a che fare con l'acqua di pioggia"*. L'altro aspetto interessante della "Arena dell'Acqua" è che, anche in fase di allagamento, mantiene il proprio carattere ludico e la sua fruibilità da parte dei cittadini e, soprattutto, dei bambini, in tutta sicurezza.



Comune di Bologna



European
Investment
Bank

ATKINS



IRIDRA



Figura 22. Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di bassa intensità



Figura 23. "Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di bassa intensità con particolare dei giochi d'acqua che ripartono non appena l'evento di pioggia è terminato"



Comune di Bologna



European
Investment
Bank

ATKINS



Quando, invece, con frequenze minori durante l'anno, si ha una **pioggia di media intensità**, la piazza, allagandosi ulteriormente, si tramuta in un autentico bacino di raccolta e decantazione delle acque, permettendo di gestirne l'immissione controllata nel sistema fognario, limitando il rischio di allagamenti urbani per insufficienza del sistema fognario a valle.

Per questa seconda tipologia di eventi di pioggia si crea uno specchio d'acqua di forma tendenzialmente ellittica, racchiuso tra le sedute che si stagliano bianche su di esso. Questa porzione di piazza d'acqua è composta da due diverse quote, una porzione l'acqua avrà profondità massima di 30 cm, e nell'altra porzione raggiungerà circa i 10 cm di profondità. (Figura 24 e Figura 25). Per eventi di pioggia di media intensità, la piazza mantiene comunque una percentuale di fruibilità per la cittadinanza in diversi spazi.



Figura 24. Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di media intensità



Comune di Bologna



ATKINS



Figura 25. Vista della Arena dell'Acqua durante un evento di pioggia di media intensità, particolare dello specchio d'acqua

Nei periodi di piogge intense, previsti per eventi più rari, l'acqua in eccesso viene dirottata verso una ulteriore porzione della piazza, che sfrutta appieno le aree di laminazione messe a disposizione dalla piazza d'acqua. Viene quindi garantita la funzione di limitazione dei allagamenti per insufficienza del sistema fognario anche per eventi più intensi e rari.

In questo ultimo caso l'acqua raggiungerà un'altezza massima di 50 cm di profondità e coprirà quasi la totalità dell'area pavimentata. Sarà delimitata dal canale verde e dall'arredo urbano, gli alberi staglieranno i colori su di esso e al centro affiorerà il disegno con andamento ellittico formato dalle sedute. (Figura 26). Le aree limitrofe rimarranno fruibili durante l'evento di pioggia in modo del tutto sicuro, data la presenza del troppo pieno che regola la massima altezza di acqua accumulabile.

Il sistema Arena dell'acqua ed Eco Boulevard permetterà, dunque, all'acqua di essere la vera protagonista, offrendo una variabilità di scenari urbani apprezzabile sia per adulti che per bam-



Comune di Bologna



ATKINS



bini, i quali potranno sperimentare nuove forme di gioco con l'acqua ed essere sensibilizzati sui temi della gestione delle acque in ambiente urbano.



Figura 26. "Vista della Arena dell'Acqua subito dopo un evento di pioggia di alta intensità, particolare dello specchio d'acqua"

6. BIBLIOGRAFIA

Dessi V. et al., 2016 "RIGENERARE LA CITTA' CON LA NATURA. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici". Regione Emilia-Romagna, Politecnico di Milano, redatto nell'ambito del progetto europeo REPUBLIC-MED

Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.L. and Mikkelsen, P.S., 2015. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), pp.525-542.

Gibelli G., 2015, GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'. Perché, Cosa, Come Regione Lombardia, Ersaf, Milano

Haubner, S.M., 2001. Georgia Stormwater Management Manual.

Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas. Fayetteville, AR: University of Arkansas Community Design Center.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. and Masi, F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services*, 22, pp.392-401.

Studio Maione- Iridra – Centro Studi T.A.T., Studio Integrato dell'agglomerato 73 di Gornate Olona dell'Ato Varese: Proposta di linee di indirizzo

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. and Kellagher, R., 2015. The SuDS Manual, C753, CIRIA, London, UK. ISBN 978-0-86017-760-9.