

Allegato 4 attuazione del RR 07/2017 e del PGRA

Sistemi di infiltrazione - fasce filtranti - canali inerbiti- - sistemi di bioritenzione - alberi

Sommario

1	PREMESSA ALL'ALLEGATO 4	2
2	SISTEMI DI INFILTRAZIONE	2
2.1	POZZI, TRINCEE E BACINI DI DISPERSIONE - ASPETTI GENERALI.....	2
2.2	REALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI INFILTRAZIONE	6
2.2.1	Selezione e ubicazione delle componenti del sito di infiltrazione.....	6
2.2.2	Aspetti del progetto idraulico.....	6
2.3	PROGETTAZIONE DEL PAESAGGIO E PIANTUMAZIONI	8
2.4	MANUTENZIONI	8
2.4.1	Pozzi e trincee d'infiltrazione.....	8
2.4.2	Bacini d'infiltrazione.....	9
3	FASCE FILTRANTI (filter strip)	11
3.1	ASPETTI GENERALI.....	11
3.2	SELEZIONE E UBICAZIONE DELLE FASCE FILTRANTI	12
3.3	IDRAULICA DELLE FASCE FILTRANTI.....	13
3.4	PARTICOLARI COSTRUTTIVI.....	14
3.5	MANUTENZIONE	15
4	CANALI INERBITI (SWALES).....	17
4.1	ASPETTI GENERALI	17
4.2	PROGETTO IDRAULICO.....	20
4.3	Altri aspetti del comportamento dei canali inerbiti.....	22
4.4	INSERIMENTO NEL PAESAGGIO.....	22
4.5	MANUTENZIONE	23
5	SISTEMI DI BIORITENZIONE	25
5.1	GIARDINI DELLA PIOGGIA (Rain garden)	26
5.2	CANALI INERBITI DI BIORITENZIONE (Bioretention swale o trench).....	27
5.3	ASPETTI COMUNI DEI SISTEMI DI BIORITENZIONE	27
5.4	PROGETTO IDRAULICO.....	28
5.5	EFFICIENZA DI RIMOZIONE INQUINANTI E INSERIMENTO AMBIENTALE	29
5.6	CARATTERISTICA DEI MEZZI FILTRANTI.....	30
5.7	PIANTE DA UTILIZZARE.....	31
5.8	MANUTENZIONE	32
6	RITENZIONE CON ALBERI.....	34
6.1	IL PROGETTO.....	35
6.1.1	I terreni strutturali di coltura	36
6.1.2	Le strutture modulari,	37
6.2	IDRAULICA DEI SISTEMI ALBERATI	38
6.3	MANUTENZIONE	39

1 PREMESSA ALL'ALLEGATO 4

Il presente allegato, analogamente ai primi quattro, è predisposto per costituire una rapida guida per valutare le possibili soluzioni e per verificare l'efficacia, di sistemi volti alla laminazione tramite il contenimento in sito e la parziale o totale eliminazione di parti del deflusso delle acque pluviali a Massalengo, come previsto dall'articolo 7 della Legge Regionale n. 4/2016 e dall'articolo 5 (Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali) del Regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017.

Il richiamo della terminologia inglese nel testo è fatto per suggerire che i necessari approfondimenti bibliografici siano ricercati utilizzando i termini non tradotti, perché le analisi e le tecniche in materia sono state molto ampliate negli ultimi venti anni in ambito internazionale e hanno raggiunto un grado di maturazione dal quale in Italia siamo lontani. Per percepire il livello di affinamento raggiunto dalla materia, si vedano ad esempio <http://www.bmpdatabase.org/> , <https://www.susdrain.org/> , <https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater#edu>, e per l'evoluzione dei termini non di rado inesistenti in lingua italiana, l'articolo reperibile al seguente indirizzo <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1573062X.2014.916314>.

2 SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Questo capitolo fornisce indicazioni sulla progettazione di sistemi specificamente previsti per promuovere infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e nel sottosuolo e include pozzi di dispersione (soakaways), trincee d'infiltrazione e bacini di infiltrazione. Anche altri sistemi riportati di seguito nel presente allegato come le fasce filtranti (filter strips), i canali inerbiti (swales), i sistemi di bioritenzione e la messa a dimora degli alberi, prevedono come recapito parziale o totale delle acque pluviali il sottosuolo, ma ciò avviene dopo un trattamento di filtrazione superficiale o in terreni appositamente progettati che ne costituiscono la parte caratterizzante. Questi ultimi sistemi spesso formano la prima fase di trattamento delle acque pluviali che precede il loro ingresso nei sistemi d'infiltrazione ⁽¹⁾.

2.1 POZZI, TRINCEE E BACINI DI DISPERSIONE - ASPETTI GENERALI

I pozzi di dispersione sono gli scavi che sono riempiti con un materiale con elevata percentuale di vuoti che consente il temporaneo immagazzinamento di acqua prima che questa s'infiltri nel terreno. Storicamente i piccoli pozzi di dispersione di una singola proprietà erano pieni di macerie o rivestiti con mattoni a vista ed erano situati sotto i giardini senza alcuna struttura per l'accesso e l'ispezione.

Molti piccoli pozzi sono ora costruiti con unità geocellulari pre-avvolti da geotessile, che forniscono buona capacità di stoccaggio e consentono di ridurre al minimo le dimensioni della struttura necessaria per qualsiasi applicazione.

Strutture più grandi possono essere costruite con anelli perforati in calcestruzzo prefabbricato circondato da un riempimento granulare o utilizzando strutture geocellulari. Le strutture in cemento hanno il vantaggio di consentire l'accesso per l'ispezione e la manutenzione, anche se la ghiaia circostante non può essere ispezionata o facilmente mantenuta. Quando si considera l'uso di sistemi geocellulari, deve essere valutata la durata prevista dell'attività e l'integrità strutturale a lungo termine. In Figura 1 si riportano due schemi concernenti soluzioni rispettivamente con geocelle e con tubi forati in calcestruzzo.

¹ L'intero allegato è in gran parte tratto da CIRIA report C753 The SuDS Manual- © CIRIA 2015 ISBN: 978-0-86017-760-9.

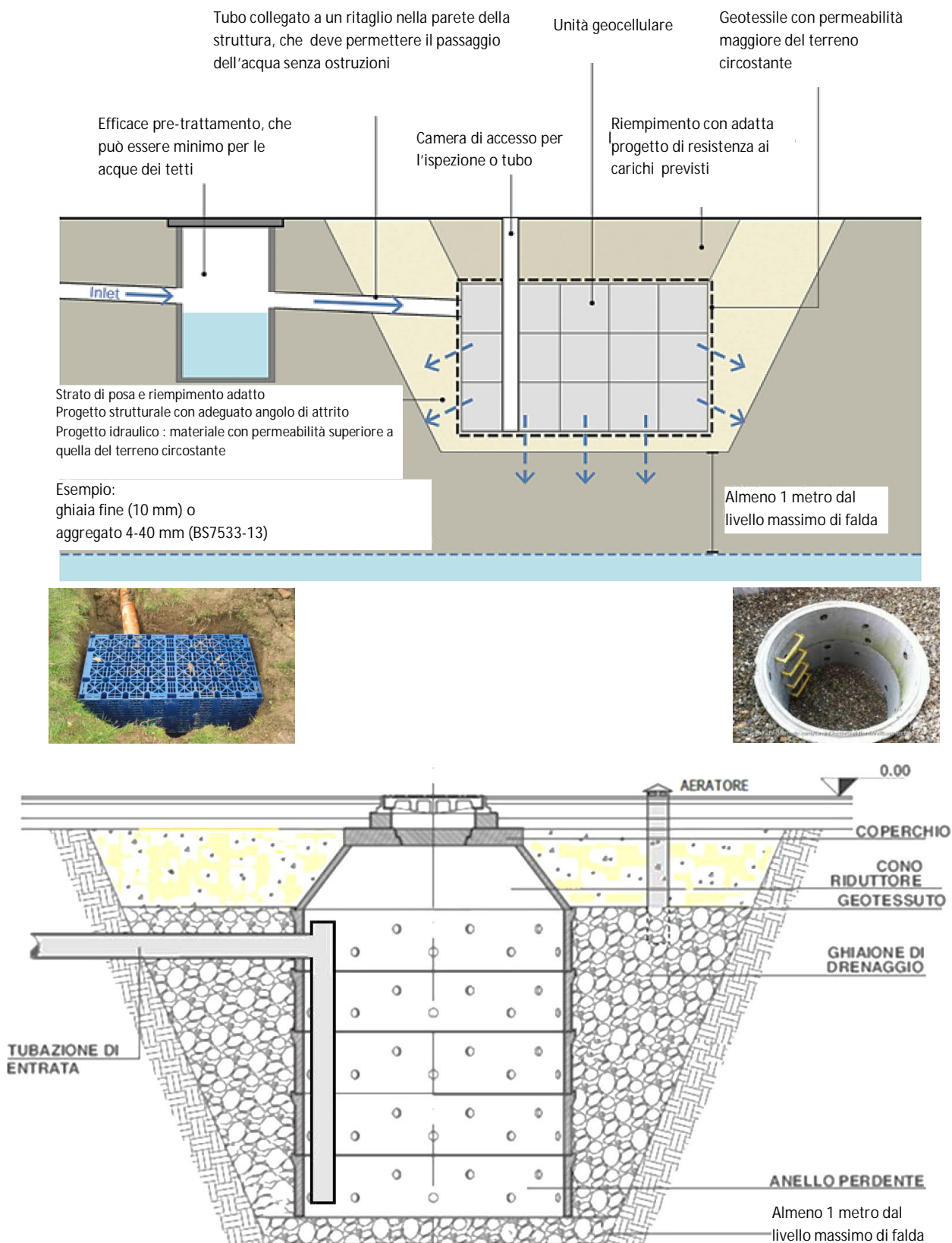


Figura 1: in alto dettaglio di un pozzetto di dispersione con geocellulari comprendente un pre-trattamento; in basso da "drenaggio urbano - i pozzi superficiali di infiltrazione e laminazione" L. Fanizzi, ECOACQUE 2013 .

Le trincee di infiltrazione sono semplicemente sistemi lineari di pozzi. I vantaggi di trincee è che spesso posso essere collocate a profondità inferiori e nei terreni variabili la distribuzione delle zone di

infiltrazione riduce l'effetto delle zone meno permeabili. Un tubo perforato può essere inserito, se necessario, per distribuire l'acqua lungo la trincea (Figura 2).

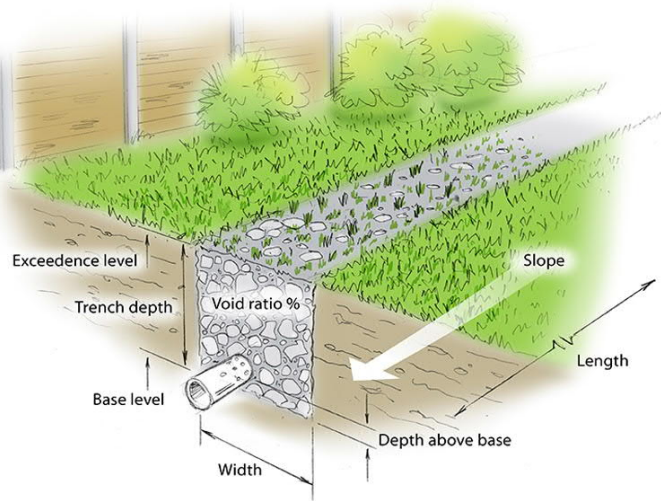


Figura 2: trincee di infiltrazione da xpdrainage Help Documentation (Innovyze®) e da Enviro-Utilities, Inc.

I bacini di infiltrazione sono paesaggi a fondo piatto, depressioni poco profonde che accumulano il deflusso (permettendo agli inquinanti di stabilizzarsi e filtrare), prima che si generi il passaggio nei suoli (Figura 3).

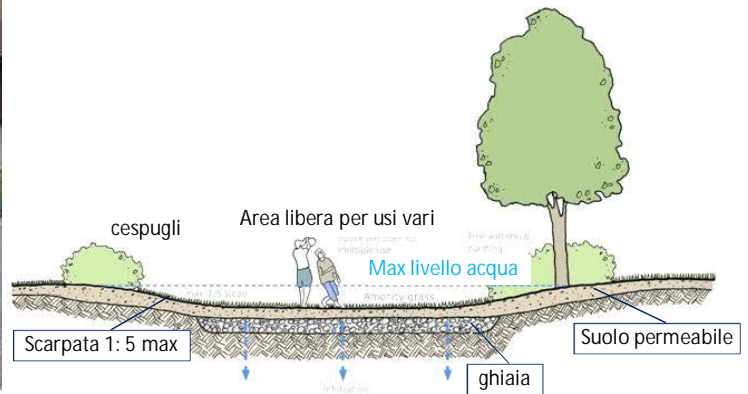


Figura 3: bacino di infiltrazione con elemento di scarico per il troppo pieno (GreenTreks Network, Inc.); planimetria di un bacino con definizione dei principali elementi costitutivi e bacino di piccole dimensioni in area urbana.

È importante che le acque in ingresso sia poco o non contaminate prima di entrare nel sistema d'infiltrazione in modo che le acque sotterranee non siano messe a rischio.

Le prestazioni dei sistemi d'infiltrazione dipendono dai parametri idraulici dei terreni circostanti, dalla profondità delle acque sotterranee e dall'eventuale pretrattamento necessario per rimuovere i carichi di sedimenti e impedire intasamento a lungo termine e la conseguente perdita di capacità del sistema. Le migliori pratiche di esecuzione dei sistemi sono fondamentali anche per prevenire danni alla struttura del sottosuolo, in particolare alla sua permeabilità, prima della messa in servizio del sistema.

Deve sempre essere adottata la distanza minima di 1 m tra la base del sistema d'infiltrazione e il livello massimo probabile della falda, per minimizzare il rischio che le acque sotterranee occupino parte del sistema di infiltrazione riducendo il volume di serbatoio disponibile e per proteggere la funzionalità del processo di infiltrazione con un sufficiente spessore di terreno insaturo.

I seguenti problemi devono essere valutati nella progettazione di sistemi di infiltrazione:

- rischio di instabilità del suolo, subsidenza o sollevamento dovuto infiltrazione.
A Massalengo tali fenomeni sono molto improbabili per le ragioni evidenziate nel § 2 del documento sul rischio idraulico. Questo non esclude che il progetto non debba verificare le condizioni locali ed esprimersi in merito.
- Rischio di instabilità di versante o solifluzione dovuto infiltrazione
A Massalengo non sono presenti versanti ed il comportamento di eventuali rilievi artificiali in terra posti in prossimità dell'area di progetto dovrà certamente essere valutato.
- Rischio di inquinamento delle acque sotterranee da mobilitare contaminanti esistenti
Se vi è il timore che l'area prescelta sia contaminata dovranno essere messe in atto le verifiche previste dal d. lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e fino al compimento delle relative procedure non sarà possibile eseguire le opere di infiltrazione.
- Rischio di inquinamento per l'infiltrazione di acque superficiali inquinate
Il rischio deve essere escluso realizzando tutte le verifiche idrauliche necessarie e realizzando le opere necessarie per garantire l'assenza di commistione con acque contaminate per fenomeni con tempi di ritorno elevati, da valutare in relazione al tipo e concentrazione dei contaminanti.
- Rischio che le acque d'infiltrazione determinino un innalzamento della falda freatica tale da provocare allagamenti in superficie.
Il progetto idraulico deve prevenire tale eventualità, prevedendo se necessario uno o più scarichi di troppo pieno o il contenimento in modo controllato degli allagamenti.
- rischio di dispersione delle acque sotterranee in fognature, scantinati, gallerie o altre strutture.
Come nel caso precedente il progetto dovrà tenere conto degli effetti sulle strutture esistenti, anche adottando adeguati modelli di interpretazione del fenomeno che consenta di considerare gli elementi interferenti.

La parte inferiore di qualsiasi sistema d'infiltrazione dovrebbe essere piatto e determinare ristagni uniformi; la tolleranza delle quote di base dovrebbe essere al massimo di 1/300.

I pendii laterali dei bacini di infiltrazione normalmente dovrebbero essere non più ripidi di 1 a 3 per consentire la stabilizzazione vegetativa, la falciatura, l'accesso e per motivi di sicurezza pubblica. Tuttavia, questo requisito può essere superato se il bacino è di limitata profondità (ad esempio meno di 500 mm). La formazione di gradini o terrazzini offre una gamma di micro ambienti che possono sopportare la fluttuazione dei livelli acqua e variazioni frequenti di condizioni da umide o asciutte del terreno.

La velocità di crescita dell'acqua nel bacino dovrebbe essere sufficientemente bassa da ridurre al minimo i rischi per gli utenti del sito e gli operatori, che a causa della natura temporanea dell'invaso non sono abituati alla presenza dell'acqua. Superfici piatte possono migliorare l'estetica, a scapito della capacità di invasore.

Bisogna realizzare un accesso appropriato al bacino di infiltrazione per le attività di manutenzione come il taglio dell'erba e il ripristino della superficie di infiltrazione. Gli alberi non dovrebbero impedire l'accesso o scoraggiare le opere di manutenzione ed eventuali botole di ispezione dovrebbero permettere la manutenzione dalla superficie senza l'accesso diretto dell'uomo.

2.2 REALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI INFILTRAZIONE

2.2.1 Selezione e ubicazione delle componenti del sito di infiltrazione.

I pozzi d'infiltrazione sono i più adatti per l'infiltrazione delle acque provenienti da piccole aree come i tetti delle abitazioni residenziali. Varie componenti dei sistemi infiltrazione possono essere inseriti in aree già sviluppate, per drenare piccole zone quali passi carrai privati e tetti, purché ci sia sufficiente distanza dalle strutture, da scarpate ecc.

I sistemi d'infiltrazione nel sottosuolo non richiedono l'occupazione di superfici e possono essere costruiti con diverse forme e dimensioni ed essere ospitati all'interno di sviluppi urbani ad alta densità. Solitamente non è opportuno utilizzare bacini d'infiltrazione ad "accesso libero" all'interno di spazi pubblici che sono interessati da un intenso passaggio di pedoni, a causa del rischio di deterioramento delle prestazioni della superficie di infiltrazione dovuto alla compattazione dei terreni superficiali.

2.2.2 Aspetti del progetto idraulico

I sistemi d'infiltrazione devono essere progettati per gestire portate in ingresso con tempi di ritorno di 50 anni e di 100 anni per gli scarichi dei troppo pieni (art 11 RR 07-2017). Per il calcolo si può provvedere con i metodi riportati nel § 2 del progetto per le pavimentazioni drenanti (allegato 3) impiegando per l'afflusso l'intensità delle piogge riferite nell'allegato 0 riguardante le pluviometrie massime a Massalengo.

L'infiltrazione può giocare un ruolo importante nel trattenere e immagazzinare i primi 5 mm di qualsiasi evento di pioggia (funzione detta intercettazione), anche in aree con infiltrazione limitata. Per gli eventi estremi, oltre al controllo della velocità di afflusso, è opportuno che sia controllato anche il volume per TR 100 anni con eventi di durata di 6 ore.

I flussi che superano i valori di progetto devono essere gestiti in modo efficace, individuando un percorso sicuro di scarico o un'area temporanea d'immagazzinamento, particolarmente in siti che presentano pendenze non trascurabili, comunque assenti a Massalengo, dove possono crearsi percorsi di flusso concentrato e alte velocità, che possono generare rischi alle persone.

Anche se è relativamente facile individuare le aree a rischio inondazione esaminando la morfologia dell'area, lo è meno individuare la grandezza del fenomeno che può essere efficacemente determinato mediante modelli di simulazione idraulica di dettaglio.

Le strade possono costituire un'area opportuna di accumulo dell'acqua per brevi periodi in occasione di eventi rari, da valutare in relazione all'intensità del traffico e alle velocità di percorrenza, ma non devono essere utilizzate per immagazzinare l'acqua per eventi frequenti.

Dove non è possibile altrimenti, sarà necessario predisporre un sistema di pompaggio, con uno scarico a valle preferibilmente non superiore a 2 l/s per ettaro di bacino impermeabile affluente.

I sistemi d'infiltrazione possono non avere successo a causa dei sedimenti e richiedono pertanto efficace pre-trattamento per rimuovere la maggior quantità di solidi sospesi prima che entrino nel sistema.

I progetti idealmente dovrebbero incorporare " pre-trattamenti multipli ", utilizzando fossi inerbiti, bacini e fasce filtro anche in serie a monte del sistema di infiltrazione, ma spesso queste soluzioni non sono praticabili e per un pozzo assorbente a servizio di un tetto, un piccolo pozzetto di sedimentazione può essere l'unico pre-trattamento che può efficacemente essere fornito.

I canali di adduzione ai bacini d'infiltrazione dovrebbero essere consolidati per prevenire l'erosione ad esempio con pietrame di rivestimento, anche se in un sistema ben progettato i flussi dovrebbero essere limitati e le necessità di protezione minime. Un diffusore di portata in ingresso potrà favorire il flusso laminare sulla superficiale del bacino e migliorare la capacità di rimozione degli inquinanti.



Figura 4: pietrame posto a protezione dell'ingresso delle acque in un canale inerbito

Il deflusso in eccesso delle acque superficiali può avvenire tramite un tubo di scarico o dalla sommità del pozzo di dispersione, se ritenuto opportuno, o con una soglia di tracimazione in un bacino.

I materiali utilizzati nei sistemi di infiltrazione sono principalmente aggregati naturali, geotessili e terreni specifici per la zona di radicamento o modificati per i sistemi semplici di bioritenzione. I terreni superficiali presenti o appositamente predisposti per l'utilizzo nei bacini di infiltrazione, devono essere sufficientemente permeabili e il valore di progetto deve essere verificato dopo la posa in sito.

Il calcolo idraulico può essere fatto con il metodo indicato in precedenza oppure si può usare per il pozzo circolare la relazione di Sieker:

$$Q_f = \frac{k}{2} J A_f = 3600 \frac{k}{2} \left(\frac{L+h_w}{L+\frac{h_w}{2}} \right) A_f \quad \text{in m}^3/\text{ora}$$

Dove

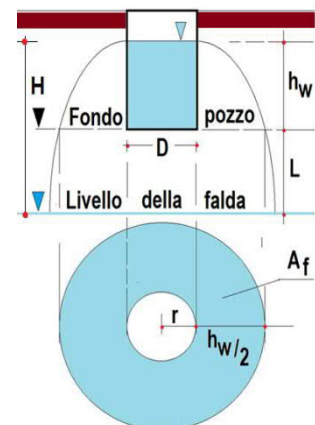
Q_f = portata di infiltrazione in (m³/ora);

$k/2$ = la permeabilità media del terreno insaturo considerato pari alla metà di quello saturo (k) (m/s);

J = cadente piezometrica (m/m);

L = distanza tra la base del pozzo e la falda (m);

A_f = rappresenta la superficie orizzontale drenante effettiva, calcolabile come quella di un anello di larghezza $h_w/2$ (in questo caso, non si fa conto sulla capacità drenante del fondo del pozzo, per via della sua possibile occlusione), in m², dove h_w è il livello idrico nel pozzo (m).



L'evento critico per il sistema è rappresentato dalla condizione nella quale si ha il massimo volume invasato, che in base all'equazione di continuità ($Q_p(t) - Q_f(t) = dW(t)/dt$, dove $Q_p(t)$ la portata di pioggia in ingresso), si realizza quando la portata in smaltimento diventa uguale a quella in entrata, ossia quanto $dW = 0$. La risoluzione del differenziale richiede un procedimento con metodo numerico di calcolo per il quale si fa rimando ai testi di idrologica.

2.3 PROGETTAZIONE DEL PAESAGGIO E PIANTUMAZIONI

I bacini d'infiltrazione sono strutture in genere inerbite, ma la vegetazione arbustiva e arborea può migliorare l'aspetto del bacino, stabilizzare le sponde, prevenire l'erosione e servire come habitat della fauna selvatica. La piantumazione dovrebbe essere progettata per adattarsi alle condizioni specifiche, che comprendono momenti di sommersione e lunghi periodi di siccità. La vegetazione aumenta anche l'efficacia d'infiltrazione rallentando i flussi in tutto il bacino e mantenendo o migliorando la porosità nei terreni sottostanti tramite i sistemi di radicazione più profondi. Gli arbusti e la pacciamatura riducono al minimo il rischio d'intasamento dei terreni superficiali ⁽²⁾.

Al fine di ridurre la manutenzione e aumentare il valore estetico e biodiversità, può essere considerato l'impianto con miscele di prato di fiori selvatici (wild flower meadow).

La concimazione e l'applicazione di erbicidi dovrebbero essere evitati per ridurre al minimo il rischio di introdurre sostanze inquinanti e nutrienti nelle acque sotterranee.

Ove possibile, la costruzione di bacini di infiltrazione deve avvenire dopo che il sito si è stabilizzato, al fine di minimizzare il rischio di danni prematuri a causa di alti carichi di sedimenti erosi dal terreno lavorato. Se questo non è possibile, lo scavo iniziale dovrebbe essere effettuato per 450 mm dal piano di bacino e lo scavo finale dovrebbe essere fatto dopo la stabilizzazione del sito. È essenziale che i bacini d'infiltrazione non siano usati per gestire i sedimenti che defluiscono da aree di cantiere.

Tutti gli scavi e il livellamento devono essere eseguiti con apparecchiature che esercitano pressioni molto limitate, per evitare la compattazione del piano del bacino e la riduzione della capacità di infiltrazione. La base del bacino dovrebbe essere priva di rilevanti ondulazioni e dopo la sistemazione finale, dovrebbe essere arato a una profondità di 150 mm per realizzare una struttura superficiale porosa e ben aerata. Il suolo usato per rifinire i pendii laterali deve essere fertile, poroso e di sufficiente profondità per assicurare la crescita di vegetazione.

2.4 MANUTENZIONI

Sistemi d'infiltrazione richiedono una manutenzione costante per garantire un funzionamento continuo e uniforme e tutti i progettisti dovrebbero fornire specifiche dettagliate.

2.4.1 Pozzi e trincee d'infiltrazione

Il progetto dei pozzi di dispersione e delle trincee di infiltrazione devono comprendere punti di controllo. Per pozzi di dispersione piccoli può essere sufficiente la posa di un tubo di 50 mm forato.

La vita utile e il funzionamento efficace di un componente di infiltrazione è in rapporto con la frequenza di manutenzione e il rischio che sedimenti siano introdotti nel sistema. E' opportuno stabilire una servitù dove più proprietà scaricano in un singolo sistema, per assicurare l'accesso a lungo termine per la manutenzione.

La manutenzione di solito avviene manualmente, anche se può essere utilizzato un aspiratore per la rimozione dei detriti nei grandi sistemi. Se la manutenzione non è intrapresa per lunghi periodi, i depositi possono consolidarsi e richiedere uno sforzo considerevole per rimuoverli.

² EMERSON, C H and TRAVER, R G (2008) "Multi-year and seasonal variation of infiltration from stormwater best management practices" Journal of irrigation and drainage engineering, vol 134, special issue Urban Storm-Water Management, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA, pp 598-605

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Manutenzione regolare	Controllare il pozzetto di pre-trattamento e il fondo del tubo di ispezione o dell'anello del pozzo in calcestruzzo	Annuale
	Pulire le grondaie ed eventuali filtri sui pluviali	Annuale, o con frequenza diversa se necessaria in base alle ispezioni
	Eliminare eventuali radici che possono bloccare il flusso	Annuale, o se necessaria
Manutenzione occasionale	Rimuovere sedimenti e detriti dal pozzetto di pre-trattamento, dal fondo del tubo di ispezione o dell'anello del pozzo in calcestruzzo	Se necessaria in base alle ispezioni
Rimedi	Se la resa è bassa o si è rotta la struttura, ricostruire il sistema di infiltrazione e /o rimpiazzare o pulire i volumi che devono essere vuoti	Se necessaria
	Rimpiazzare il geotessile ostruito (questo richiederà la ricostruzione del sistema di infiltrazione)	Se necessaria
Controlli	Controllare la trappola dei sedimenti (principalmente limo) e annotare la velocità di crescita del deposito	Mensile nel primo anno e poi annuale
	Controllare il pozzo di dispersione e verificare che lo svuotamento sia avvenuto	Annuale

Tabella 1: schema per la manutenzione dei pozzi di infiltrazione e trincee.

Le strade e le aree di parcheggio drenanti verso i sistemi d'infiltrazione devono essere spazzate regolarmente per evitare che il limo sia lavato dalla superficie, riducendo così al minimo la necessità di manutenzione.

2.4.2 Bacini d'infiltrazione

La responsabilità della manutenzione di un bacino d'infiltrazione e della zona circostante deve essere affidata a un ente responsabile. Lo sfalcio regolare nei pressi di bacini d'infiltrazione è necessaria solo lungo gli itinerari di accesso per la manutenzione, presso le aree attrattive (per esempio sentieri), tra i terrapieni e nell'area di stoccaggio principale.

Le zone restanti possono essere gestite come "prato" o altra vegetazione appropriata, a meno che non vi siano altre richieste per scopi estetici. Il taglio dell'erba potrebbe essere necessario per ospitare speciali cotiche erbose o miscele particolari secondo le raccomandazioni dei fornitori di sementi.

Come descritto in precedenza, il profondo radicamento della vegetazione può mantenere i tassi di infiltrazione voluti e ridurre al minimo la necessità di una manutenzione correttiva. Tutte le attività di gestione di vegetazione dovrebbero tener conto della necessità di massimizzare la biosicurezza (difesa dalle specie "aliene") e impedire la diffusione di specie invasive.

La Tabella 2 fornisce indicazioni sul tipo di requisiti organizzativi e di manutenzione che possono essere appropriati per i bacini d'infiltrazione. L'elenco delle azioni non è esaustivo e alcune azioni non sempre sono richieste.

I sedimenti accumulati sulla superficie dei sistemi d'infiltrazione hanno dimostrato di non rappresentare un pericolo per la salute umana delle persone che utilizzano il bacino come spazio aperto

(Scott Wilson, 2010 ³), tuttavia secondo l'autore il materiale accumulato ha superato i limite per il carbonio organico totale (TOC) per i rifiuti pericolosi e il sedimento accumulato richiederebbe un trattamento preliminare per ridurre il contenuto organico prima dello smaltimento al di fuori del sito (altri contaminanti erano ben al di sotto criteri adottati (in UK) per essere considerati rifiuti pericolosi), che potrebbe essere fatto mediante il compostaggio o l'andatura.

I sedimenti estratti dallo scavo dai bacini di infiltrazione o dai pre-trattamenti che ricevono le acque di aree residenziali e di strade ordinarie e tetti non sono generalmente tossici e possono quindi essere smaltiti in modo sicuro sul terreno o al di fuori del sito, nei limiti e con le procedure indicate dal DPR 120 del 13 giugno 2017.

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Manutenzione regolare	Rimuovere rifiuti, detriti e fogliame	Mensile
	Taglio dell'erba delle strade di accesso e aree verdi	Mensilmente durante la stagione di crescita, poi a seconda delle necessità
	Taglio dell'erba dei prati all'interno e intorno al bacino	In primavera, prima della stagione di nidificazione e in autunno
	Gestire l'altra vegetazione e rimuovere le piante infestanti	Mensilmente all'inizio, poi secondo le necessità
Manutenzione occasionale	Riseminare aree di scarsa crescita della vegetazione	Annualmente o se necessario
	Potare e tagliare gli alberi e rimuovere i tagli	Se necessario
	Rimuovere i sedimenti dal sistema di pretrattamento quando è pieno al 50%	Se necessario
Rimedi	Riparazione dell'erosione o altri danni riseminando o con inerbimento	Se necessario
	Riallineare il rip-rap (massi)	Se necessario
	Riparare o ripristinare gli ingressi, le uscite e i troppo pieni	Se necessario
	Riabilitare la superficie di infiltrazione usando tecniche di scarificazione e punzonatura se le prestazioni si deteriorano	Se necessario
	Spianare le superfici irregolari e ripristinare le quote di progettazione	Se necessario
Controlli	Ispezionare gli ingressi, le uscite e gli troppo pieni per evitare i blocchi e pulire se necessario	Mensile
	Ispezionare le bancate, strutture, tubazioni ecc. per valutare eventuali danneggiamenti	Mensile
	Ispezionare ingressi, sistemi di pre trattamento del limo e stabilire la frequenza opportuna della sua rimozione	Semestrale
	Ispezionare le superfici d'infiltrazione per valutare la compattazione e presenza di ristagni	Mensile

Tabella 2: manutenzione dei bacini di infiltrazione. Nota: la tabella si riferisce a condizione medie in Gran Bretagna, quindi possono essere necessarie modifiche in merito alle modalità di manutenzione ordinaria a Massalengo.

³ SCOTT WILSON(2010) Fate of highway contaminants in the unsaturated zone, final synthesis report, Highways Consultancy Group, Highways Agency, London, UK (unpublished).

3 FASCE FILTRANTI (filter strip)

3.1 ASPETTI GENERALI

Le fasce filtranti sono strisce uniformi d'erba o di vegetazione arbustiva densa poste in leggera pendenza, progettate per il trattamento del deflusso dalle aree adiacenti impermeabili in modo da favorire la sedimentazione, la filtrazione e l'infiltrazione (dove possibile).

Il flusso deve fluire come una lama d'acqua sopra la striscia a velocità sufficientemente bassa da consentire che i processi di trattamento possano svolgersi in modo efficace. Le fasce verdi sono spesso usate come componenti di pre-trattamento prima di una canale inerbito (Swale), di sistemi di bioritenzione e di trincee, per estendere la vita di questi componenti catturando i sedimenti, o come componente singola di trattamento se la lunghezza della striscia è sufficiente.

A velocità moderate e basse di flusso, le fasce filtranti riducono efficacemente le particelle inquinanti rimuovendo i sedimenti, materiali organici e metalli pesanti. La deposizione del sedimento che contiene particelle di argilla porta con sé sostanze nutrienti assorbite e altri inquinanti. Quando gli inquinanti s'infiltrano nel suolo si realizza anche una parziale rimozione delle sostanze inquinanti solubili, che sono catturate dalla vegetazione radicata.

Dove l'infiltrazione è possibile, l'effetto delle strisce filtranti durante gli eventi meteorici intensi tende ad essere limitato perché solo una piccola percentuale del deflusso viene perso (la perdita "iniziale"), ma dove c'è una sufficiente permeabilità del sottosuolo, sarà quest'ultimo il meccanismo principale per precipitazioni moderate e le fasce filtranti possono contribuire efficacemente all'intercettazione (trattenimento in superficie).

La zona di alimentazione del deflusso dovrebbe essere un declivio morbido che scende verso la fascia filtrante, la quale per funzionare correttamente e garantire le prestazioni, richiede che la lama d'acqua scorra con costanza, anche se con un'accurata progettazione si possono creare zone di diffusione per adattarsi a piccoli cambiamenti nelle pendenze longitudinali.

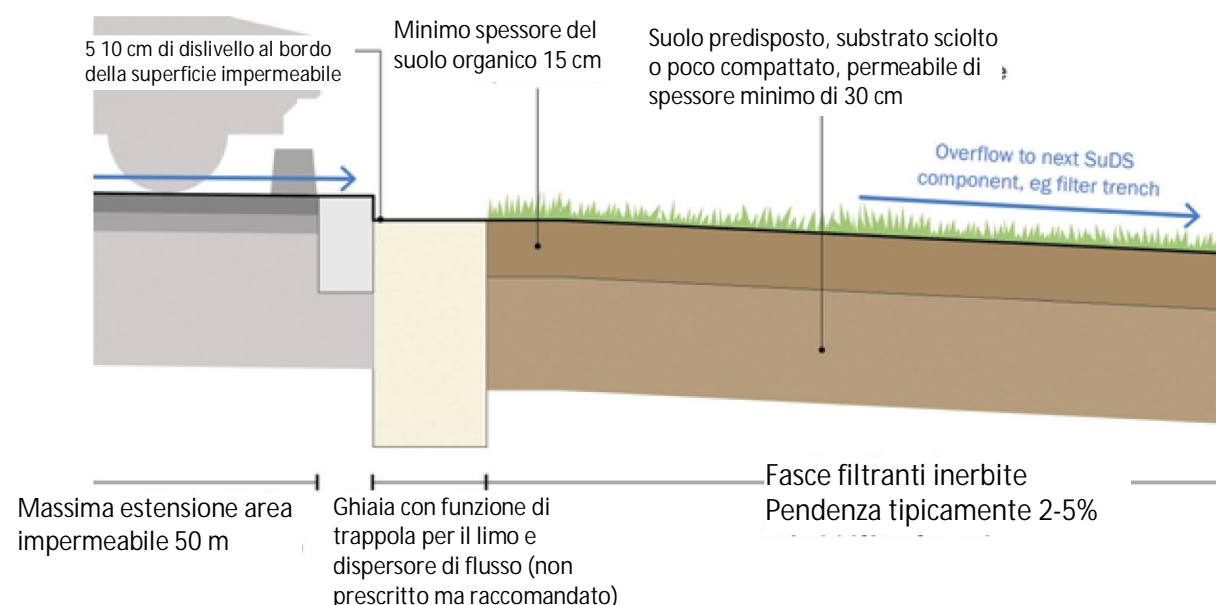


Figura 5: schema di una fascia filtrante, con flusso da sinistra verso destra.

La striscia filtro deve estendersi per l'intera lunghezza della zona che viene drenata e benché la fascia filtrante sia una tecnologia semplice, è richiesta una progettazione attenta nei dettagli.

Le principali questioni che portano all'insuccesso delle fasce filtro comprendono: ■

- Ostruzioni in prossimità dell'interfaccia superficie impermeabile / vegetazione che disturba il flusso della lamina d'acqua
- Inadeguata morfologia, ad esempio mancanza di dislivello al bordo della superficie di flusso, che crea condizioni di erosione e ristagno.

I requisiti di progettazione delle fasce filtranti sono principalmente finalizzati a fornire vantaggi in termini di qualità dell'acqua (in particolare la cattura dei sedimenti che eviti il danneggiamento dei componenti a valle) e le prestazioni delle fasce filtranti dipendono fortemente dalla loro lunghezza (nella direzione del flusso).

Le fasce filtranti permetteranno solo una modesta infiltrazione e i rischi di inquinamento per le acque sotterranee dovrebbero essere sempre accettabili a condizione che la zona non sia un sito ad alto rischio di inquinamento.

L'accettabilità delle infiltrazioni dalla striscia di filtraggio deve essere determinata rispettando tutti i requisiti dei sistemi di infiltrazione per quanto riguarda la stabilità del terreno, la profondità della falda freatica ecc. e la protezione delle acque sotterranee. Il livello massimo delle acque sotterranee dovrebbe essere sempre almeno 1 m sotto il livello più basso della striscia del filtro.

3.2 SELEZIONE E UBICAZIONE DELLE FASCE FILTRANTI

Le fasce filtro possono essere utilizzate in una varietà di situazioni, ma sono particolarmente adatte per la gestione del deflusso delle strade perché hanno una caratteristica lineare facilmente incorporabile nello spazio stradale. Sono adatte per gestire il deflusso dai parcheggi e di altre aree impermeabili e permeabili e possono essere incorporate efficacemente negli spazi verdi e negli spazi pubblici aperti, in modo che la loro funzione non sia compromessa dall'attività nell'area (ad es. danni da parcheggio o pedoni).

Sono utili in siti industriali perché qualsiasi inquinamento visibile può essere identificato, tracciata la fonte e rimossa la contaminazione. La striscia può essere in seguito riabilitata in modo relativamente facile.

Le fasce filtranti non devono essere utilizzate su siti dismessi a meno che non sia stato dimostrato chiaramente che il rischio derivante dalla lisciviazione di contaminanti sia accettabile.

Fasce filtro non devono essere situate in aree in cui gli alberi o altre strutture causeranno un'ombreggiatura tale da limitare la crescita dell'erba.

La pendenza longitudinale (lungo la direzione del flusso) dovrà essere compresa tra l'1% per evitare il ristagno e il 5% per impedire la canalizzazione del flusso. Laddove le pendenze della striscia filtrante fossero > 5%, è possibile utilizzare una serie di dispersori piani per mantenere il flusso della lama d'acqua sulla striscia.

La massima "lunghezza" delle strisce

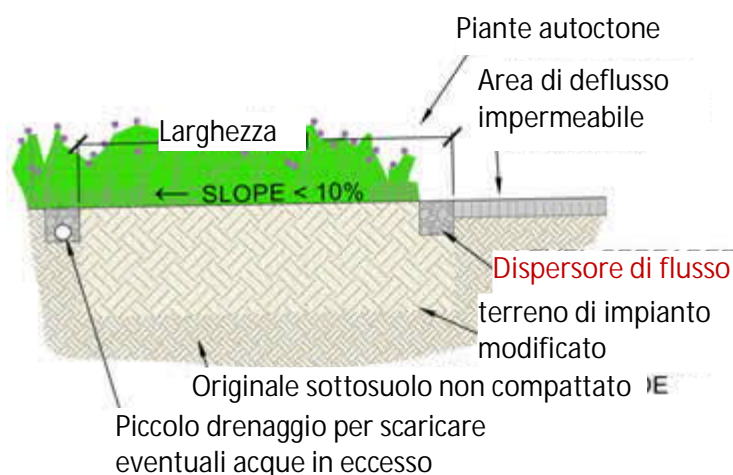


Figura 6: sezione di una striscia filtro con dispersore

filtranti deve essere limitata al fine di ridurre il rischio di flussi concentrati, anche se ciò dipenderà principalmente dalla pendenza dell'area impermeabile e dall'efficacia delle tecniche di diffusione adottate.

Si consigliano velocità di flusso massime attraverso la striscia di filtro di 1,5 m / s per prevenire l'erosione durante i flussi di progetto, anche se per garantire una efficacia di trattamento è necessaria una velocità inferiore.

3.3 IDRAULICA DELLE FASCE FILTRANTI

Dove la striscia è progettata per facilitare anche una limitata infiltrazione, è necessario effettuare un controllo per determinare se la striscia è in grado di smaltire un'altezza di 5 mm di pioggia sul bacino contribuente (intercettazione).

Il flusso laminare attraverso le fasce filtro solitamente non è controllato e nei calcoli del progetto non è inclusa alcuna riduzione del flusso di picco. Per progettare il controllo di eventi a basso periodo di ritorno, è possibile disporre un terrapieno impermeabile nella parte terminale del pendio, con scarichi canalizzati che limitano le portate in uscita. Per determinare se un tale approccio sia affidabile a lungo termine, è necessario prendere in considerazione opportune procedure di manutenzione, che in particolare considerino il rischio di ostruzione degli scarichi.

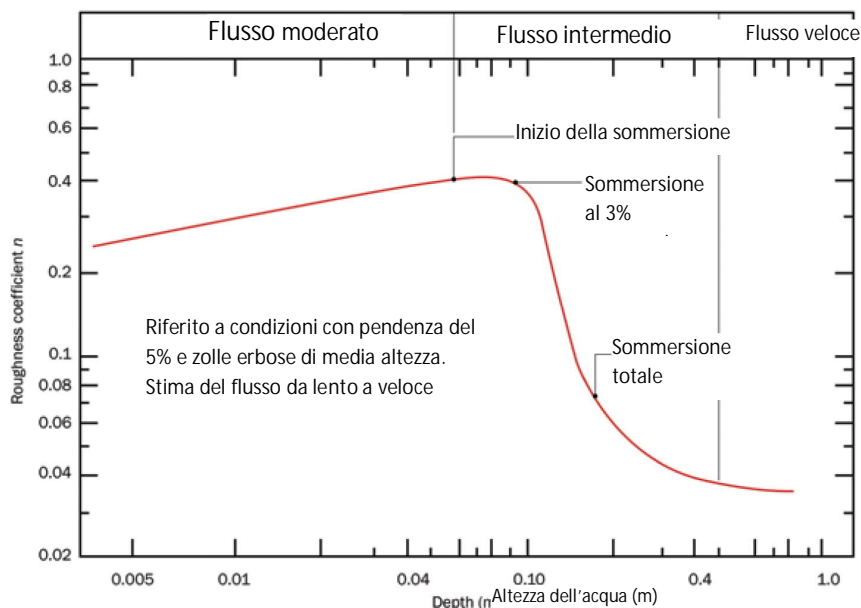
Fasce di lunghezza > 5 m hanno dimostrato di essere molto efficaci in termini di miglioramento della qualità dell'acqua ⁽⁴⁾ anche in presenza di pendenze maggiori del 1%. Eventi fino a quelli con Tr di un anno dovrebbero ottenere buone prestazioni di rimozione degli inquinanti.

Se la striscia filtro drena una strada, è probabile che l'evento critico sia la pioggia di 15 minuti, per il quale nel progetto si deve considerare che :

- o L'altezza della lama d'acqua deve essere inferiore a quella della vegetazione e quindi non superare i 10 cm circa;
- o La velocità di flusso di picco dovrebbe essere inferiore a 0,3 m / s per favorire la deposizione delle particelle;
- o il tempo di percorrenza del deflusso sulla striscia filtro dovrebbe essere di almeno 9 secondi.

Equazione di Manning può essere utilizzata per la progettazione della striscia filtro: $V = \frac{d^{2/3} S^{1/2}}{n}$

⁴ BARRETT, M, LANTON, A and AUSTRHEIM-SMITH, S (2004) "Surface water pollution removal in roadside vegetated buffer strips" Transportation research record no 1890, pp 129–40



dove

V = velocità media del flusso trasversale (m/s);

d = altezza della lama di flusso (m);

S = pendenza della scarpata in direzione del flusso (m/m);

n = coefficiente di scabrezza di Manning ($m^{-1/3}s$).

I valori di n possono essere stimati dal grafico di Figura 7.

Figura 7: Impatto dell'altezza del flusso sulla scabrezza idraulica (da Wong, 2006).

3.4 PARTICOLARI COSTRUTTIVI

La sistemazione della fascia filtrante e dell'area adiacente deve essere tale da ridurre al minimo il traffico pedonale e il ciclismo. La posizione delle fasce filtranti dovrebbe essere ben definita, in quanto la loro funzione per il sistema di gestione delle acque di superficie spesso non è ovvio per chi utilizza il sito.

Si dovrebbe prendere in considerazione la necessità di una segnaletica adeguata per prevenire l'alterazione e il diverso utilizzo delle aree delle fasce filtranti. Una semina diversificata, che includa eventualmente aree con fiori selvatici, favorirà una più ampia biodiversità.

Se i sottosuoli sono compatti o poco fertili o la composizione del terreno presenta una macro porosità molto bassa, la vegetazione difficilmente si potrà stabilizzare e i terreni dovrebbero essere lavorati per una profondità di 300 mm e modificati per raggiungere le specifiche dei terreni ingegnerizzati, che possono ed esempio composti da:

- o 15-30 % frazione inferiore 0.063 mm (limo+argilla)
- o 70-85% sabbia, di cui almeno il 70% formato da grani nell'intervallo 0.25 - 1.0 mm.
- o Assenza di ghiaia e di pietre
- o Conducibilità idraulica in condizioni sature compresa tra 25 e 115 mm/ora
- o Sostanza organica tra il 3 ed il 5%
- o Fosforo estraibile tra il 12 e il 36 %

È necessaria una copertura vegetale densa, fissata al terreno con radici profonde, che dovrà essere mantenuta a un'altezza di 75-150 mm per garantire filtrazioni efficaci durante gli eventi ordinari.

Il tappeto erboso in zolle offre una protezione immediata, a condizione che le cuciture siano protette stendendo le strisce perpendicolarmente al flusso d'acqua e siano pigiate manualmente dopo la posa. Una fascia filtrante è opportuno sia seminata in primavera o nei primi mesi estivi per dare alla vegetazione tutta la stagione di crescita per stabilizzarsi.

Dove le strisce filtranti sono utilizzate per drenare il deflusso dalle strade o dalle aree di parcheggio che possono essere regolarmente cosparse di sale durante i mesi invernali, occorre scegliere un impianto tollerante al sale.

Generalmente gli alberi e la macchia densa non dovrebbero essere presenti, a meno che la lunghezza del percorso del flusso della fascia filtrante sia significativamente maggiore del necessario (ad es. Parchi e scuole in cui le aree dello spazio aperto possono essere grandi). Sebbene possano migliorare l'aspetto estetico, è difficile preservare la copertura del terreno vegetale salubre, l'uniformità della pendenza e la stabilità necessarie per una fascia filtrante ben funzionante.

Le fasce filtranti non devono essere poste in aree ombreggiate perché è necessaria la luce solare per garantire una crescita sana delle piante e l'uso di fertilizzanti dovrebbe essere evitato, se possibile, in particolare quando l'ambiente di recapito è sensibile ai carichi di nutrienti.

Una fascia filtrante di nuova costruzione dovrebbe essere protetta dai flussi di acqua superficiale fino a quando la vegetazione non sarà stata stabilizzata. Questo può essere ottenuto mediante:

- utilizzo di tappeti erbosi prestabiliti o di materassi con semi;
- coprendo la striscia filtrante con plastica trasparente fino a quando la vegetazione è ben radicata;
- posizionando un manto per il controllo dell'erosione sulla miscela di semi appena applicata.

Se oltre il 30% dell'area di trattamento è spoglio dopo quattro settimane, sarà necessario riseminare o ri piantumare per ottenere una copertura del 90%.

3.5 MANUTENZIONE

Le prestazioni delle fasce filtranti dipendono dalla manutenzione e saranno necessari piani di gestione affidabili per garantire che la manutenzione sia eseguita a lungo termine. La manutenzione delle fasce filtranti è relativamente semplice per le ditte di giardinaggio e in genere sono previsti solo piccoli interventi supplementari oltre a quelli necessari per lo spazio pubblico ordinario. La principale opera di manutenzione è la falciatura, per mantenere un'altezza dell'erba di 75-150 mm, tuttavia altezze maggiori, ove opportuno, non sono considerate come un rischio per la loro funzionalità.

I residui di erba devono essere eliminati dal sito e posti all'esterno dell'area della fascia filtrante per rimuovere sostanze nutritive e inquinanti. Tutte le attività di gestione della vegetazione dovrebbero tener conto della necessità di massimizzare la biosicurezza e di prevenire la diffusione di specie invasive.

Occasionalmente è necessario rimuovere i sedimenti, ad es. quando i depositi superano i 25 mm di profondità, ma ciò può essere prevenuto assicurando che le zone a monte siano completamente stabilizzate. Le prove disponibili degli studi di monitoraggio indicano che le piccole pratiche di infiltrazione distribuita, come le fasce filtranti non contaminano i terreni sottostanti, anche dopo oltre 10 anni di attività⁽⁵⁾.

I sedimenti scavati da una striscia filtrante che riceve il deflusso da strade residenziali o ordinarie e da tetti non contengono generalmente materiale tossico o pericoloso e possono quindi essere smaltiti in modo

⁵ TRCA (2008) Performance evaluation of permeable pavement and a bioretention swale, Seneca College, King City, Ontario, Prepared by Toronto and Region Conservation under the Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP), Ontario, Canada.

sicuro mediante il riuso del terreno o il conferimento in discarica, nei limiti e con le procedure indicate dal DPR 120 del 13 giugno 2017.

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Manutenzione regolare	Rimuovere rifiuti e detriti	Mensile o se richiesto
	Tagliare l'erba e mantenerla entro le altezze specificate dal progetto	Mensile durante la stagione di crescita, poi se richiesto
	Gestire l'altra vegetazione e rimuovere le piante infestanti	Mensile all'inizio, poi semestralmente
	Ispezionare la superficie della fascia filtro per individuare segni di erosione, vegetazione con scarsa crescita, compattazione, ristagni, sedimentazione e contaminazione (ad esempio oli)	Mensile all'inizio, poi semestralmente
	Verificare il dispersore del flusso e le pendenze della superficie della fascia filtro	Mensile all'inizio, poi semestralmente
	Controllare i tassi di accumulo di limo e stabilire le frequenze appropriata rimozione	Mensile all'inizio, poi semestralmente
Manutenzione occasionale	Riseminare aree di scarsa crescita della vegetazione e modificare il tipo di seminazione se necessario	Se richiesto o se suolo è esposto per più del 10%
Rimedi	Riparare l'erosione o altri danni ripristinando le zolle erbose o riseminando	Se necessario
	Livellare le superfici irregolari e reintegrare le superfici di progetto	Se necessario
	Scarificare e punzonare strato di terriccio per migliorare l'infiltrazione, rompere i depositi di limo e prevenire la compattazione della superficie del suolo	Se necessario
	Rimuovere l'accumulo di sedimenti sulla fossa di ghiaia a monte, sul dispersione di flusso o nella parte superiore della striscia di filtro	Se necessario
	Rimuovere e smaltire oli o residui di benzina utilizzando sicure pratiche standard	Se necessario

Tabella 3: manutenzione delle fasce filtranti (filter strip).

4 CANALI INERBITI (SWALES)

4.1 ASPETTI GENERALI

I canali inerbiti sono depressioni poco profonde con fondo piatto e vegetati, progettati per convogliare, trattare e spesso attenuare il deflusso delle acque superficiali. Se incorporati nella progettazione, possono migliorare il paesaggio naturale e fornire vantaggi estetici e biodiversità.

Sono spesso utilizzati per drenare strade, sentieri o parcheggi, dove è necessario raccogliere flussi distribuiti, o come mezzo per trasportare il deflusso sulla superficie, migliorando nel contempo i corridoi di accesso o altri spazi aperti. Possono avere una varietà di profili, possono essere uniformi o non uniformi e possono incorporare una gamma di strategie d'impianto diverse, a seconda delle caratteristiche del sito e degli obiettivi del sistema.

I canali inerbiti possono sostituire le tubazioni fognarie come mezzo per convogliare il ruscellamento, mentre l'uso di strisce filtranti e / o di dispersori di flusso (es Figura 4) adiacenti ai canali può consentire di eliminare la necessità di cordoli e condotte.

Il canale standard è largo, poco profondo e coperto da vegetazione, solitamente erba, per rallentare l'acqua e facilitare la sedimentazione e la filtrazione attraverso la zona delle radici e la matrice del suolo, l'evapotraspirazione e l'infiltrazione nel terreno sottostante. Uno swale può avere soglie di controllo o terrapieni installati lungo il percorso del flusso, che temporaneamente accumulano il deflusso per aumentare la ritenzione e l'infiltrazione di inquinanti e riducono ulteriormente la velocità del flusso, particolarmente nei siti con pendenze più ripide. Si possono individuare TRE TIPI PRINCIPALI di canali inerbiti:

Lo swale di trasporto è un canale con vegetazione superficiale, che sono particolarmente efficaci nel raccogliere e convogliare il deflusso dalla zona drenata per trasferirlo a un'altra tappa del treno di gestione dei sistemi SuDS. Essi possono essere progettati per il trattamento e/o attenuazione (dove richiesto), a seconda dei vincoli di flusso e delle profondità di ristagno volute dal progetto.

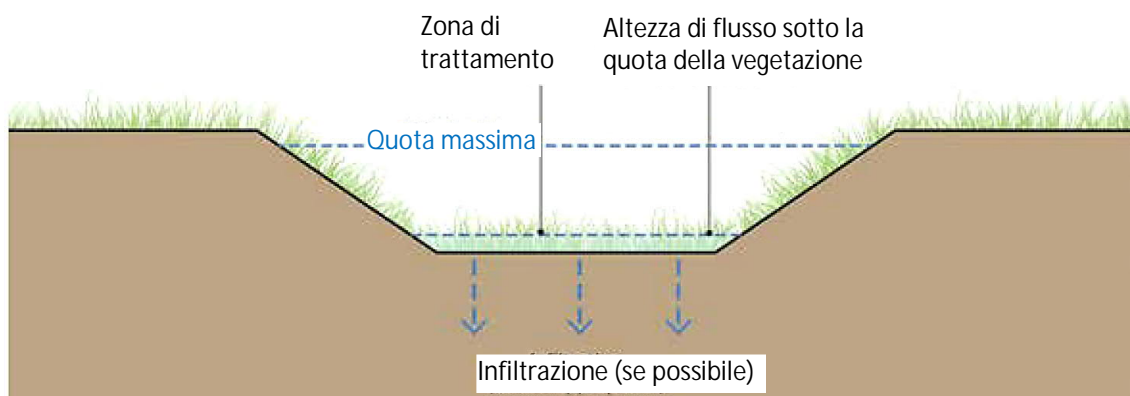


Figura 8: tipica sezione di un canale inerbito.



Figura 9: rappresentazioni di canali inerbiti di trasporto, da susdrain.org website sketches (CIRIA) e foto da Low Impact Development Principles - MAPC, Massachusetts.

Lo swale asciutto è un canale di trasporto con vegetazione, progettato per includere un letto filtrante di terreno preparato che si sovrappone a un sistema di drenaggio. Questo sistema fornisce un trattamento delle acque e portate supplementari sotto la base del canale ed evita ristagni. Per evitare infiltrazioni, o dove i livelli delle acque sotterranee sono alti può essere introdotto un manto impermeabile alla base.

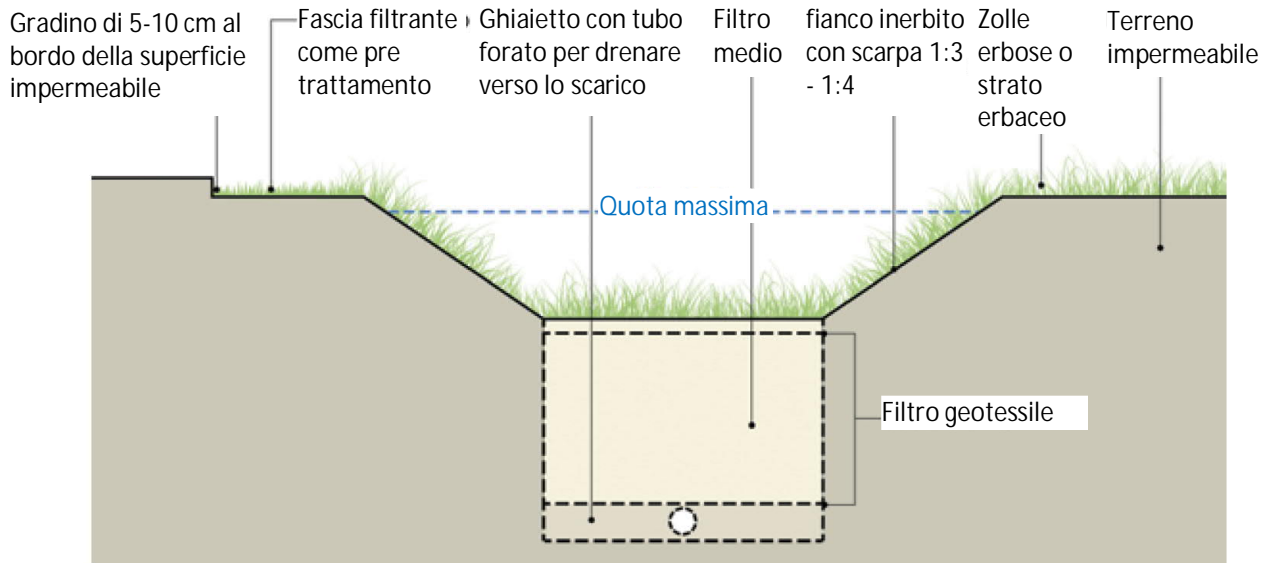


Figura 10: tipico canale inerbita asciutto.



Figura 11: rappresentazioni di canali inerbita asciutti, da susdrain.org website sketches (CIRIA) e foto da <http://nemo.uconn.edu/>

La swale umido equivale al canale inerbito di trasporto, ma è progettato specificatamente per mantenere condizioni umide e/o paludose nella base. Può essere impiegato in siti piatti e scarsamente drenati e/o per rispondere alle esigenze di funzionalità o di attrattività o di biodiversità, con l'impianto di specifica vegetazione per la base.

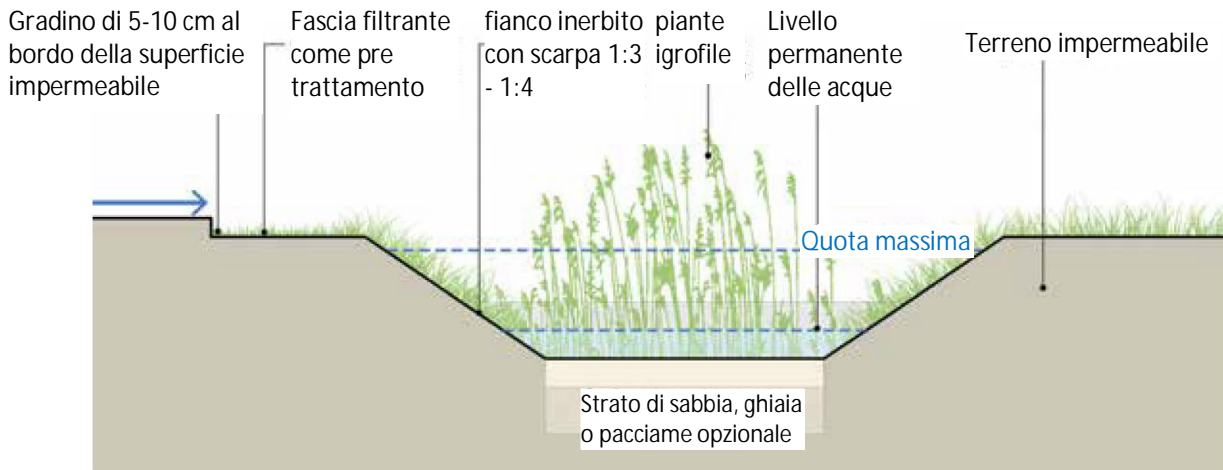


Figura 12: tipico canale inerbito umido, da ⁽¹⁾.



Figura 13: rappresentazioni di canali umidi, da Trinkaus Engineering e Mitt Watershed Council. Petoskey, Michigan.

I canali inerbiti generalmente sono progettati con una larghezza alla base di 0,5 – 2,0 m, per consentire flussi superficiali e trattamenti di adeguata qualità delle acque, evitando flussi concentrati e la creazione di canali di erosione. Per larghezze > 2 m si deve considerare la necessità di dividere la sezione trasversale con un divisore di flusso, utilizzando un dispersore per ogni lato.

Le pendenze longitudinali devono essere comprese tra 0,5 e 6%, con soglie di controllo quando si utilizzano pendenze superiori al 3% e stuoie di rinforzo permanente dove le velocità sono superiori a quelle raccomandate per progetti standard.

I pendii laterali dovrebbero essere modesti per aiutare il pre-trattamento dei flussi in entrata lateralmente, massimizzare il filtraggio superficiale, migliorare la sicurezza e consentire un facile accesso per la falciatura. È consigliata una pendenza massima del 33% ma una pendenza di 25% è preferibile se lo spazio lo consente.

Quando usato per accogliere e trattare lo scolo di una strada, la lunghezza del canale dovrebbe essere uguale o maggiore a quello della carreggiata.

La profondità normale massima è 400 – 600 mm., che può essere aumentata se si ritiene di aver valutato adeguatamente i rischi per la sicurezza. La profondità può dipendere dalla profondità degli scarichi di afflusso, ad esempio dalla base di una pavimentazione permeabile o altro componente posto a monte.

Dove i canali inerbiti hanno modeste capacità di infiltrazione (vale a dire sono progettati come componenti di trasporto), se i terreni fino alle acque sotterranee forniscono protezione adeguata ed hanno appropriato contenuto di sostanze organiche e di argilla, i rischi di inquinamento nelle acque sotterranee dovrebbero essere accettabili purché l'area non sia un sito di alto rischio. Dove la vulnerabilità della falda sottostante richiede di escludere l'infiltrazione, il canale inerbito può essere progettato sopra geomembrane impermeabili poste ad una profondità di almeno 0,5 m, ma in questo caso bisogna considerare con attenzione il rischio di formazione di ristagni.

L'accettabilità dell'infiltrazione dalla base deve essere determinata seguendo le indicazioni fornite nel paragrafo precedente, considerando che siano soddisfatti tutti i requisiti per i sistemi di infiltrazione relativamente alla stabilità del terreno, profondità delle acque sotterranee ecc.,. Il livello massimo probabile della falda dovrebbe sempre essere almeno 1 m sotto la base del canale o della quota dalla quale inizia l'infiltrazione.

Swales possono essere utilizzati in un'ampia varietà di situazioni, in particolari strade e parcheggi e negli spazi aperti del paesaggio e pubblici, ma sono difficili da inserire in sviluppi urbani densi in cui lo spazio è limitato, anche se in alcune situazioni è possibile fornire pendenze laterali più ripide - ad esempio, una bassa profondità (150 mm di profondità) o pendenze verticali se il bordo è reso opportunamente inaccessibile.

I canali inerbiti sono ideali per l'uso in siti industriali (rivestiti e con componenti di trattamento a valle aggiuntivi), perché qualsiasi inquinamento è visibile e può essere affrontato prima che causi danni al corso d'acqua ricevente. Inoltre sono molto più facili da mantenere su siti con carichi di sedimenti elevati rispetto a qualsiasi altro tipo di componente SuDS.

L'impiego dovrebbero essere attentamente valutato in siti dismessi a meno che non sia stato dimostrato che il rischio derivante dalla lisciviazione di contaminanti sia a concentrazioni accettabili. Quando si utilizza un rivestimento per impedire l'infiltrazione, il livello stagionale alto delle acque sotterranee deve essere inferiore a quello del rivestimento.

Infine i canali inerbiti non dovrebbero essere situati in aree con estese coperture di alberi o strutture sopraelevate che causano ombre che possono limitare la crescita dell'erba e dell'altra vegetazione.

4.2 PROGETTO IDRAULICO

Il progetto del canale inerbito ha lo scopo di trattare e infiltrare le acque durante gli eventi meteorici modesti e di trasportare il flusso di picco durante gli eventi più grandi. In tutti i progetti idraulici si deve tenere conto dei seguenti aspetti:

1) Il canale inerbito dovrebbe avere un'adeguata capacità di trasmettere e/o immagazzinare l'evento per periodo di ritorno di progetto, osservando che i canali bagnati tenderanno a non riprendersi con rapidità dopo aver trasmesso flussi elevati.

2) Deve avere la capacità di trasmettere in modo sicuro le portate di eventi estremi, altrimenti i flussi in eccesso devono essere convogliati in modo sicuro verso aree di stoccaggio temporaneo appropriate.

3) I volumi di deflusso dell'evento di progetto dovrebbero dimezzarsi entro 24 ore, sia per rendere disponibile il canale al trattamento di eventi successivi, sia perché nei canali inerbiti a secco e per trasporto, occorre assicurare la protezione della vegetazione dai danni di una prolungata saturazione.

Canali inerbiti di trasporto

In genere, la vegetazione deve essere mantenuta a un'altezza di 75-150 mm per evitare lo schiacciamento al fondo durante il flusso delle acque. Sono possibili buone prestazioni di rimozione degli inquinanti per tutti gli eventi con tempi di ritorno di circa 1 anno e per tali eventi la altezza della lama d'acqua deve restare al di sotto dell'altezza della vegetazione (cioè di solito <100 mm).

La velocità dovrebbe essere di 0,3 m / s per garantire un adeguato tempo di residenza (tempo di residenza = lunghezza / velocità) che deve essere di almeno 9 minuti (18 minuti dalla parte superiore del canale inerbito se lo stesso riceve afflussi laterali lungo la sua lunghezza).

Per calcolare la velocità media del flusso in canale inerbito, è necessario utilizzare l'equazione di Manning (Figura 7), adottando il valore raccomandato di 0,35 per una profondità d'acqua inferiore o uguale all'altezza dell'erba. Questo coefficiente dovrà essere aumentato per i canali che comprendono piante più grandi e/o una gamma più ampia di dimensioni di piante. Le velocità di flusso per eventi estremi devono essere mantenute inferiori a 1,0 m/s (o 2,0 m/s se la stabilità del pendio, l'erosione del suolo e le condizioni di sicurezza lo consentono), per prevenire l'erosione.

Il valore "n" di Manning medio per i flussi superiori all'altezza dell'erba sopra dovrà essere stimato a seconda della altezza del flusso.

Le soglie e i sistemi di pretrattamento appropriati possono essere utilizzati per migliorare le prestazioni idrauliche e di qualità dell'acqua riducendo le velocità, aumentando il tempo di permanenza e aumentando l'infiltrazione e / o lo stoccaggio. Se i canali inerbiti sono progettati per scaricare volumi significativi attraverso l'infiltrazione, i sistemi dovrebbero essere progettati con i criteri illustrati per un insieme di pozzi di dispersione o un bacino di infiltrazione .

Canali inerbiti asciutti

Il drenaggio migliorato sotto il canale inerbito può fornire un flusso e una capacità di stoccaggio maggiori, prestazioni migliori di intercettazione , un rischio ridotto di formazione di zone di ristagno dove i gradienti sono nulli e condizioni migliorate per l'infiltrazione (dove le condizioni del terreno lo consentono).

I canali vegetati secchi che sono serviti da un drenaggio sotterraneo non devono avere uno scarico in superficie e possono quindi agire come un insieme di bacini di detenzione. Le loro prestazioni sono complesse perché il carico relativo di ogni canale collegato al drenaggio definirà la sua prestazione idraulica. È necessario un progetto accurato di ciascun elemento per valutare le prestazioni del sistema e garantire che gli eventi di progetto possano essere gestiti senza inondazioni a valle.

I limiti di velocità per gli eventi regolari ed estremi indicati per i canali di trasporto sono qui confermati, ma poiché i presenti sistemi sono più adatti ad aree relativamente piatte o a brevi lunghezze, il vincolo progettuale è normalmente la sua capacità di trasporto e l' immagazzinamento, piuttosto che la velocità. Il dreno dovrebbe avere una capacità di flusso di almeno 2 l /s/ha per garantire che i sistemi

possano gestire scenari multi-evento. Se la filtrazione nel dreno si verificherà più velocemente del limite di scarico richiesto, sarà necessario controllare lo scarico di questo elemento.

Canali inerbiti umidi

La capacità di trasporto dei canali inerbiti umidi può essere determinata utilizzando lo stesso approccio utilizzato per quelli di trasporto. La limitazione della velocità per garantire un'adeguata filtrazione vegetativa non sarà normalmente rilevante, poiché i pendii longitudinali più bassi (o pendenza zero) associati ai canali inerbiti umidi assicureranno tempi di ritenzione adeguati. La base permanentemente bagnata può fornire zone calme per la rimozione di particelle fini - agendo come un piccolo stagno lineare o sistemi di zone umide. Le swale umide sono solitamente appropriate in siti molto piatti e con suoli sono poco drenanti, ma possono essere progettati per siti più permeabili utilizzando rivestimenti impermeabili per fornire prestazioni di trattamento specifiche o formare aree attrattive o migliorare la biodiversità. La condizione tipica di un canale umido si verifica naturalmente quando le falde acquifere si alzano al di sopra della base del canale, ma ciò comporta un collegamento idraulico diretto tra il deflusso superficiale e le acque sotterranee che non deve essere consentito.

Un pre-trattamento adeguato dovrebbe essere collocato a monte del recapito nel canale inerbito per evitare il rapido accumulo di sedimenti nelle zone di ristagno, difficile da rimuovere. Una profondità minima di acqua di 150 mm è in genere appropriata per proteggere la vegetazione delle zone umide dai flussi erosivi e mantenere un'adeguata resilienza del sistema alla siccità. Le profondità massime dell'acqua dovrebbero essere stabilite in base al sito, tenendo conto dei criteri tecnici, degli obiettivi (inclusa la sicurezza) e della biodiversità.

4.3 Altri aspetti del comportamento dei canali inerbiti

Gli swales di trasporto e gli swales secchi / potenziati garantiscono l'intercettazione perché di solito non vi è alcun deflusso per la maggior parte dei piccoli eventi piovosi. L'acqua penetra negli strati del suolo vegetato superficialmente e nei terreni sottostanti o in altri terreni e viene rimossa mediante evapotraspirazione e infiltrazione (ove consentito).

I canali inerbiti possono contribuire a ridurre le portate di picco da un sito facilitando l'infiltrazione e fornendo immagazzinamenti. La progettazione del controllo del flusso di picco e la valutazione del volume di stoccaggio superficiale possono essere determinate utilizzando le tecniche di calcolo idraulico standard. I contributi dell'infiltrazione dovrebbero essere inclusi solo per i canali inerbiti asciutti o potenziati, dove le pendenze sono <1,5% e dove i contributi alla laminazione del flusso massimo sono indicati esplicitamente dal progetto. Gli afflussi di progetto devono sempre includere il deflusso dalle sponde che scaricano verso il canale inerbito.

Altri volumi di stoccaggio possono essere forniti sotto la base dei canali inerbiti utilizzando ghiaia o altri mezzi di filtraggio/drenaggio o elementi geocellulari.

4.4 INSERIMENTO NEL PAESAGGIO

Swales può essere progettato per adattarsi a molti tipi di paesaggio diversi in modo esteticamente piacevole, offrendo spesso attraenti corridoi vegetati in ambienti stradali e parcheggi.

La conformazione in pianta deve evitare curve strette che possono essere causa di erosione e possono essere utilizzati morbidi meandri per fini estetici e per rallentare i flussi. In spazi verdi dovrebbero

prevalere bordi delicati e forme fluide mentre alcuni bordi netti e linee rette possono essere presenti in paesaggi urbani densi. Il progetto dovrebbe sempre mirare a contribuire a migliorare la gradevolezza del paesaggio locale.

Le specie vegetali dovrebbero essere selezionate per adattarsi alle caratteristiche paesaggistiche esistenti e per soddisfare i suoi scopi estetici e progettuali. Piccole schede di interpretazione possono essere poste in prossimità dei canali inerbiti, incluso informazioni relative alla funzione del canale, alla fauna e alla flora locali supportate dal sistema.

Gli swales generalmente non presentano rischi significativi per la salute e la sicurezza del pubblico e rischi residui possono essere mitigati attraverso la progettazione di dolci pendenze laterali e profondità limitate di flusso.

In certe località, può essere opportuno collocare qualche forma di barriera fisica per evitare la presenza di parcheggio sui bordi del canale inerbito (es. impianto di alberi, dissuasori o ringhiere in basse). Grandi massi tendono a portare danni al rivestimento erboso e in alternativa il bordo del swale può essere rinforzato per evitare i deterioramenti causati da veicoli.



La biodiversità di qualsiasi sistema SuDS può essere massimizzata e lo swale può includere varietà di impianti (compresi fiori di campo e mescole di sementi di erba in aree dove non è necessario che la lunghezza di erba sia mantenuta) che aiuteranno a dare un contributo positivo alla biodiversità urbana – fornendo habitat e il cibo per gli insetti, invertebrati e uccelli. Specie vegetali autoctone dovrebbero essere usate normalmente per realizzare una copertura densa e resistente della vegetazione, che crea habitat appropriati per le specie indigene.

L'acqua dovrebbe preferibilmente affluire lateralmente (drenando il deflusso come una lama d'acqua) piuttosto che entrare come un afflusso da un punto singolo.

4.5 MANUTENZIONE

Gli swales richiedono una manutenzione regolare per garantire il funzionamento continuo e mantenere lo standard delle prestazioni. I progetti dovrebbero fornire indicazioni specifiche sulle frequenze delle attività richieste, insieme ai probabili requisiti dei macchinari e ai costi annuali tipici, all'interno del piano di manutenzione.

L'intervento principale è la falciatura, che dovrebbe idealmente mantenere una lunghezza dell'erba a 75-150 mm per aiutare a filtrare gli inquinanti e conservare i sedimenti e per ridurre il rischio di appiattimento durante gli eventi di ruscellamento. Tuttavia lunghezze di vegetazione maggiori non rappresentano un rischio significativo per la funzionalità.

I residui di erba devono essere smaltiti fuori dal sito o all'esterno dell'area di swale, per rimuovere sostanze nutritive e inquinanti. Non è richiesta la falciatura della vegetazione dei canali inerbiti umidi, tuttavia la raccolta di una vegetazione molto densa è auspicabile in autunno dopo la morte del vegetale, per impedire lo scarico di un eccesso di materiale organico nelle acque riceventi. Tutte le attività di

gestione della vegetazione dovrebbero tener conto della necessità di massimizzare la biosicurezza e prevenire la diffusione di specie invasive.

Occasionalmente è necessario rimuovere i sedimenti, se i depositi superano i 25 mm di altezza. Le prove fornite da studi di monitoraggio indicano che le piccole pratiche di infiltrazione distribuita come i canali inerbiti non contaminano i terreni sottostanti, anche dopo più di 10 anni di attività (TRCA, 2008). I sedimenti scavati da un alveo che riceve il deflusso da strade residenziali o ordinarie e le aree del tetto non sono generalmente materiali tossici o pericolosi e possono quindi essere smaltiti in modo sicuro mediante il deposito del terreno o il conferimento in discarica.

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Manutenzione regolare	Rimuovere rifiuti e detriti	Mensile o se richiesto
	Tagliare l'erba e mantenerla entro le altezze specificate dal progetto	Mensile durante la stagione di crescita, poi se richiesto
	Gestire l'altra vegetazione e rimuovere le piante infestanti	Mensile all'inizio, poi semestralmente
	Controllare gli scarichi in ingresso e le uscite per prevenire eventuali intasamenti, provvedendo alla pulizia se necessario	Mensile
	Ispezionare le superfici di infiltrazione per valutare i ristagni, la compattazione e accumulo di limo, registrare le zone dove l'acqua è stagnante per più di 48 ore	Mensile o se necessario
	Controllare la copertura vegetale	Mensile per 6 mesi, ogni 4 mesi nei successivi due anni, poi semestralmente
Manutenzione occasionale	Riseminare le aree con scarsa crescita della vegetazione, modificare i tipi di piante per adattare meglio alle condizioni, se necessario	Se richiesto o se suolo è esposto per più del 10%
Rimedi	Riparare l'erosione o altri danni ripristinando le zolle erbose o riseminando	Se necessario
	Livellare le superfici irregolari e reintegrare le superfici di progetto	Se necessario
	Scarificare e punzonare strato di terriccio per migliorare l'infiltrazione, rompere i depositi di limo e prevenire la compattazione della superficie del suolo	Se necessario
	Rimuovere l'accumulo di sedimenti sulla fossa di ghiaia a monte, sul dispersione di flusso o nella parte superiore della striscia di filtro	Se necessario
	Rimuovere e smaltire oli o residui di benzina utilizzando sicure pratiche standard	Se necessario

Tabella 4: schema di manutenzione per canali inerbiti.

5 SISTEMI DI BIORITENZIONE

I sistemi di bioritenzione sono depressioni del paesaggio poco profonde che possono ridurre i tassi di deflusso e i volumi, trattando l'inquinamento attraverso l'uso di terreni ingegnerizzati e della vegetazione. Sono particolarmente efficaci nell'intercettare le acque pluviali e possono anche fornire:

- o caratteristiche paesaggistiche interessanti che sono auto-irriganti e fertilizzanti
- o habitat e biodiversità
- o raffreddamento del microclima locale dovuto all'evapotraspirazione.

Sono un componente di gestione delle acque superficiali molto flessibile che può essere integrato in un'ampia varietà di paesaggi di sviluppo utilizzando forme, materiali, piantine e dimensioni diverse. In un'area a bassa densità, il sistema potrebbe presentare bordi morbidi e pendenze laterali delicate, mentre un'applicazione in aree ad alta densità abitativa possono presentare bordi netti e pareti verticali.

Sono generalmente utilizzati per la gestione e il trattamento del deflusso da eventi di pioggia frequenti e di bassa o media intensità, mentre gli eventi maggiori è opportuno siano deviati a componenti di drenaggio più a valle, tramite un troppopieno o bypass.

Il deflusso è raccolto temporaneamente da depressioni della superficie e quindi filtra attraverso la vegetazione e i terreni sottostanti. Miscele di terreno ingegnerizzate specifiche possono essere utilizzate come mezzi filtranti per migliorare le prestazioni del trattamento di bioritenzione e possono essere implementati progetti che includono zone anaerobiche sommerse per promuovere la rimozione dei nutrienti.

Il deflusso filtrato è raccolto utilizzando un sistema drenante al fondo, o se le condizioni del sito lo consentono, completamente o parzialmente infiltrato nel terreno circostante.

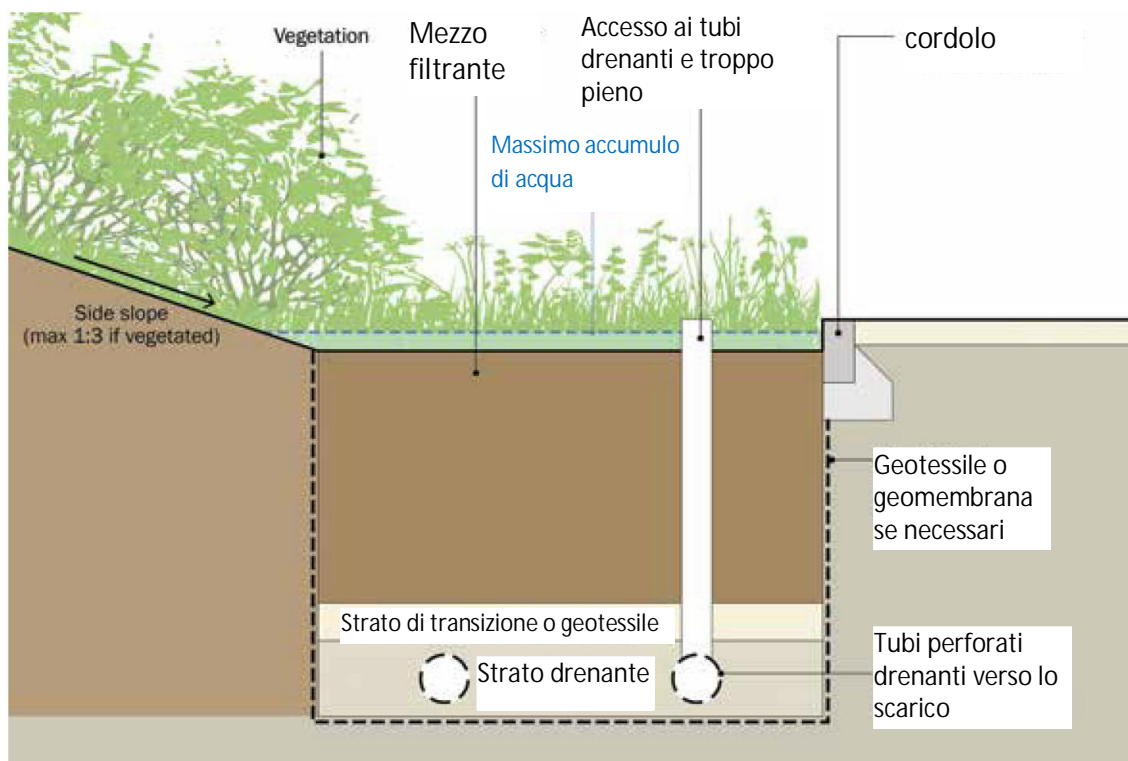


Figura 14: componenti di un sistema di bioritenzione, da ⁽¹⁾.

Una parte del volume di deflusso sarà rimosso attraverso l'evaporazione e la traspirazione delle piante. Il principale vantaggio idraulico è fornito dall'intercettazione, ma l'immagazzinamento in superficie o all'interno dello strato di drenaggio può essere utile per contribuire alla gestione del deflusso. Per rallentare il flusso dell'acqua che si muove attraverso la superficie del sistema possono essere impiegate soglie o sbarramenti.

5.1 GIARDINI DELLA PIOGGIA (Rain garden)

I giardini delle piogge (Figura 15) sono in genere piccoli sistemi che servono parte di una singola proprietà (tetto o strada privata). Normalmente sono meno ingegnerizzati rispetto ai componenti di bioritenzione completi e nelle soluzioni più semplici, gli strati filtranti e di drenaggio sono generalmente sostituiti da uno strato sottile (200-500 mm) di terreno nativo modificato da compost / sabbia o da miscele specifiche di terreno (terreni ingegnerizzati).

Di solito ricevono un semplice afflusso di acqua piovana che entra nel giardino e hanno una profondità massima di acqua stagnante di 150 mm. Possono avere un troppopieno fuori terra in cui esce acqua in eccesso, anche se in alcuni casi sono dotati di un semplice dreno di fondo. Un'ampia guida sui giardini della pioggia è fornita da Bray et al (6).

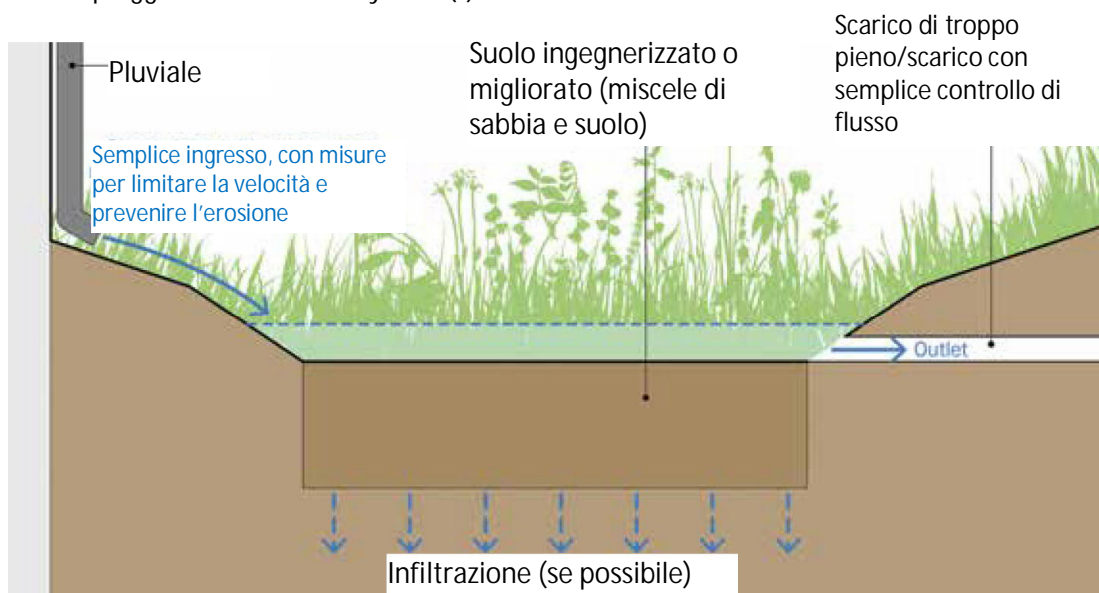


Figura 15: giardino di pioggia, da (1).

Queste strutture consentono di realizzare una varietà creativa di progetti, scelti per dare pregio ai giardini.

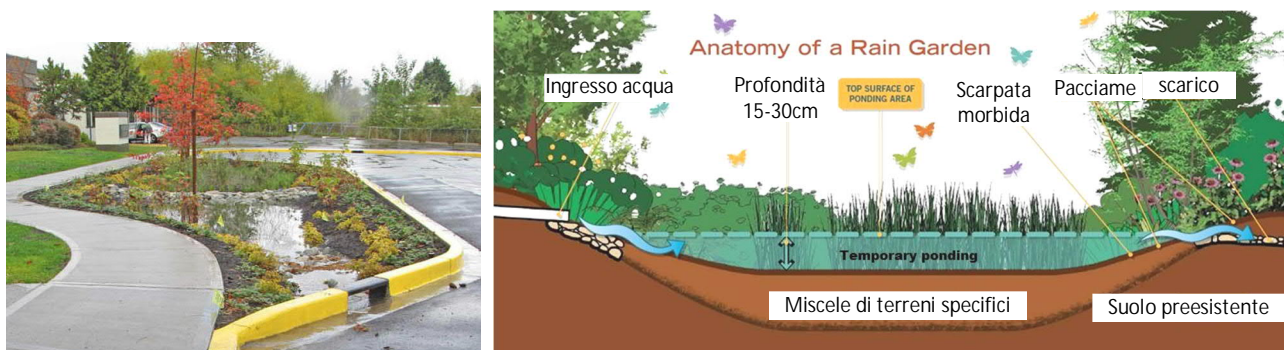


Figura 16 da Rain Garden Handbook for Western Washington - Washington State Department of Ecology 2013.

6 BRAY, R, GEDGE, D, GRANT, G and LEUTHVILAY, L (2012) Rain garden guide, Thames Water, Environment Agency, CIRIA, UK.

5.2 CANALI INERBITI DI BIORITENZIONE (Bioretention swale o trench)

Questi sono sistemi di bioritenzione che si trovano all'interno della base di un canale inerbito (spesso indicato come bioswale negli USA). Possono essere una componente continua di bioritenzione lungo la lunghezza del canale inerbito, o una parte di bioritenzione prima dell'uscita dal canale. Sono simili a uno swale con drenaggio.

I flussi fino all'evento di progetto del trattamento (ad esempio un evento con TR 1 di anno o meno) saturano il filtro e vengono raccolti dal substrato. Durante gli eventi che superano il tempo di ritorno considerato, l'acqua scorrerà lungo il canale. La velocità del flusso e la vegetazione dovrebbero essere progettate in modo tale che quando l'acqua scorre lungo la fascia di bioritenzione il materiale del filtro non sia eroso. Per ottenere una biofiltrazione efficace, la base del canale deve essere costruita come una serie di aree piane disposte a terrazze lungo l'estensione dello stesso.

La vegetazione utilizzata nel sistema dovrebbe tollerare la probabile saturazione che si verifica in questo tipo di sistema.

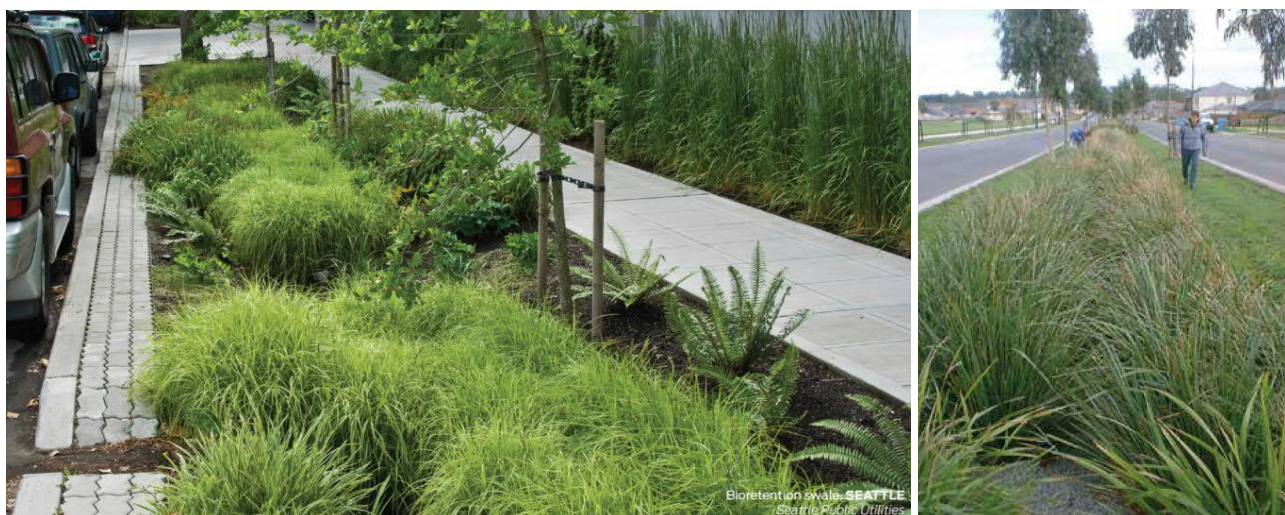


Figura 17: sistemi di bioritenzione

5.3 ASPETTI COMUNI DEI SISTEMI DI BIORITENZIONE

I sistemi di bioritenzione possono essere progettati per gestire un'ampia gamma di eventi di pioggia sia in zone residenziali che non residenziali per mitigare il deflusso inquinato dalle strade, tuttavia, come principio generale, dovrebbero drenare aree relativamente piccole vicino alla fonte del deflusso. Per bacini più grandi, al massimo di 0,8 ha secondo Davis ⁽⁷⁾, si possono prendere in considerazione una serie di sistemi a cascata dove gli eventi più piccoli possono essere filtrati attraverso il sistema e gli eventi più grandi bypassare tramite un trabocco.

Tipicamente, l'area superficiale del sistema di bioritenzione dovrebbe rappresentare il 2-4% dell'area complessiva del sito da drenare, per impedire un rapido intasamento della superficie di bioritenzione.

Se si temono inquinamenti delle acque sotterranee si deve evitare l'infiltrazione con una geomembrana impermeabile e una connessione al drenaggio principale; in questo caso il livello massimo

⁷ DAVIS, A (2008) "Field performance of bioretention: Hydrology impacts" Journal of Hydrologic Engineering, vol 13, 2, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA, pp 90-95

della falda deve essere inferiore alla quota del rivestimento. Se l'infiltrazione è consentita, il livello massimo di falda dovrebbe essere alla distanza di almeno 1 m sotto la base del sistema.

I sistemi di bioritenzione possono essere utilizzati per trattare l'acqua prima del suo utilizzo nei sistemi di raccolta, ma con tale soluzione si riducono i volumi di deflusso e quindi l'acqua disponibile.

I giardini della pioggia non rivestiti devono essere posti a una distanza superiore a 5 m dalle fondazioni degli edifici; in caso di distanze inferiori è opportuna una valutazione da parte di un geotecnico.

5.4 PROGETTO IDRAULICO

Il flusso in ingresso non deve erodere la superficie del sistema e deve essere distribuito uniformemente sul filtro, con velocità inferiori a 0,5 m/s (o 1,5 m/s per l'evento TR 100 anni).

La permeabilità del generico suolo come mezzo filtrante dovrebbe essere compresa tra 100-300 mm /h, ma per tenere conto dei tassi iniziali di intasamento, che tendono ad attenuarsi man mano che la comunità di piante si sviluppa e la profondità di radicazione aumenta, il progetto dovrebbe essere basato sul 50% della conducibilità idraulica misurata.

La maggiore efficienza nella rimozione degli inquinanti dovrebbe riguardare tutti gli eventi di pioggia fino a tempi di ritorno di un anno, che dovrebbe rappresentare la durata critica per il sistema di bioritenzione. Per questo evento di progetto, i sistemi di bioritenzione dovrebbero essere progettati in modo da fornire un'area di accumulo temporaneo del volume da trattare realizzando una lama d'acqua di non più di 150-200 mm di altezza, per migliorare l'evaporazione e limitare il tempo di sommersione delle piante. Un sistema di ritenzione dovrebbe comunque drenare entro 24-48 ore per consentire un tempo di contatto sufficiente per rimuovere gli inquinanti, ma garantire che il sistema sia pronto a ricevere eventi successivi.

Il calcolo della superficie necessaria può essere fatto con la seguente relazione:

$$A_f = \frac{V_t L}{k t (h+L)} \text{ dove}$$

A_f = superficie del letto filtrante in mq

V_t = volume dell'acqua che deve essere trattata (mc) relativa all'evento massimo con TR 1 anno

L = altezza del suolo filtrante

k = coefficiente di permeabilità in m/s del mezzo filtrante

h = altezza media dell'acqua sopra il letto filtrante (metà dell'altezza massima) (m)

t = tempo richiesto per il trattamento con percolazione del volume di acqua (s)

Individuate le caratteristiche del bacino e della pioggia che determinano V_t , l'equazione sarà risolta per tentativi modificando i parametri A_f ed L , o il tipo di suolo - filtro (k).

E' necessario realizzare un sistema di scarico per gli eventi che superano le capacità di immagazzinamento del sistema, il cui dimensionamento deve essere calcolata usando i normali metodi di analisi idraulica (soglia, orificio e flusso nelle tubazioni). Lo scarico dovrebbe essere collocato nel bacino di biofiltrazione e il più vicino possibile all'ingresso per ridurre al minimo il percorso dei flussi di portata superiore a quello di progetto, riducendo così il rischio di erosione.

Se il mezzo filtrante ha conduttività di uno o due ordini di grandezza maggiore di quella del suolo circostante, il percorso di flusso sarà verticale attraverso il mezzo filtrante e verso i dreni alla base del filtro, ma se la conducibilità idraulica è inferiore a 10 volte quella dei terreni circostanti, possono essere necessari rivestimenti impermeabili per impedire l'infiltrazione laterale.

5.5 EFFICIENZA DI RIMOZIONE INQUINANTI E INSERIMENTO AMBIENTALE

I sistemi di bioritenzione possono fornire un trattamento molto efficace attraverso:

- la rimozione di sedimenti (in particolare i sedimenti fini) e gli inquinanti associati (sostanze nutritive, olii / grassi e metalli) mediante filtrazione attraverso la vegetazione superficiale e la copertura del suolo.
- la rimozione di particolato fine e dei contaminanti associati attraverso gli strati sottostanti del filtro e un trattamento prolungato di detenzione, che determina un certo assorbimento biologico da parte della vegetazione e del biomassa del suolo.
- la rimozione di sostanze inquinanti disciolte per adsorbimento di sostanze inquinanti nel mezzo filtrante.

In numerosi studi è stato evidenziato che i sistemi di bioritenzione correttamente progettati e mantenuti trattengono gli inquinanti anche quando si riceve la fusione della neve, contenente sale antigelo. Le efficienze di rimozione degli inquinanti dei sistemi di bioritenzione progettati in conformità con le linee guida di FAWB ⁽⁸⁾ sono riassunte nella Tabella.

inquinante	Tipica efficienza di rimozione in %
TSS	> 90
Fosforo totale	> 80
Azoto	50 in media
Metalli (zinco, piombo, cadmio)	> 90
Rame	Fino a 60

Tabella 5: possibile rimozione di inquinanti da un sistema di bioritenzione da Facility of Advancing Water Biofiltration.

Mentre il tipo di vegetazione impiegata varia a seconda delle esigenze del paesaggio e del clima, il processo di filtrazione generalmente migliora con una vegetazione più densa e più sviluppata.

I sistemi di bioritenzione possono essere impiegati per trattare le acque prima dell'uso non potabile e possono creare utili aree umide, conservando il ruscellamento sotto forma di strato saturo al di sotto del sistema, con la formazione di un bacino idrico a cui le piante sovrastanti possono accedere. I sistemi di bioritenzione sono anche potenzialmente benefici per il microclima locale, raffreddando l'aria attraverso l'evapotraspirazione.

I sistemi formano habitat di qualità per la fauna selvatica, contribuendo positivamente al miglioramento della biodiversità nelle aree urbane e sono relativamente flessibili in termini di piantine utilizzabili, sebbene le specie autoctone siano desiderabili per sostenere i programmi di biodiversità locale.

Nel drenaggio di strade o aree più grandi, i sistemi possono avere specifici punti d'ingresso mediante tagli del cordolo che devono essere larghi almeno 500 mm per ridurre al minimo il rischio di blocco ed includere la protezione dall'erosione a valle per dissipare l'energia (Figura 18). Per i sistemi più grandi o dove i carichi di



Figura 18 ingresso di acqua dalla strada con elementi in pietra per la dissipazione del flusso

⁸ FAWB (2009) Stormwater biofiltration systems, adoption guidelines. Planning, design and practical implementation, version 1, Facility for Advancing Water Biofiltration, Monash University, Victoria, Australia (ISBN: 978-0-98058-311-3).

sedimento sono elevati, è necessario intrappolare il sedimento in un'area facilmente accessibile, altrimenti il limo tenderà a raccogliersi attorno all'ingresso, accecando la superficie del filtro.

Un pre-trattamento è richiesto solo per carichi elevati di sedimenti o carichi inquinanti, ossia non per acque provenienti da tetti, e può essere ottenuto usando una striscia filtrante, una striscia di ghiaia o un progetto con due scomparti che ha una zona depressa dalla quale il sedimento può essere facilmente rimosso.

Se viene disposto un bacino di sedimentazione (forebay), questo dovrebbe rimuovere l'80% delle particelle che superano il diametro di 1 mm dall'evento di progetto per la qualità dell'acqua, ed essere separato dal mezzo filtrante.

Il volume del bacino può essere determinato utilizzando la seguente equazione: $V_s = A_c R L_0 F_c$ dove

V_s = volume del bacino di sedimentazione richiesto (mc)

A_s = dimensioni del bacino contribuyente (ha)

R = efficienza di cattura (raccomandato valore 0.8)

L_0 = carico di sedimenti (mc/ha/anno), da dati bibliografici del bacino

F_c = frequenza annua di pulizia

L'area del bacino di sedimentazione è determinabile con la seguente equazione (da Fair e Gayer,⁹) $R = 1 - \left[1 + \frac{v_s A_f}{nQ} \right]^{-n}$ dove

R = frazione dei sedimenti che si intendono rimuovere

v_s = velocità di sedimentazione dei sedimenti da rimuovere (0.1 m/s per particelle da 1 mm)

Q = portata critica del bacino con tempi di ritorno di 1 anno

A_f = minima area del bacino di sedimentazione (mq)

n = fattore di turbolenza (o corto circuito), con valore suggerito di 0,5.

La profondità è determinata dividendo il volume per l'area e non deve essere superiore a 300 mm.

Per i piccoli bacini di meno di 10 mq, la profondità non deve superare i 200 mm. Per evitare la risospensione dei sedimenti e ridurre al minimo la frequenza di manutenzione, il progetto può essere basato su un evento di periodo di ritorno più elevato di quello proprio di progetto, specialmente se il sistema è progettato per fornire attenuazione delle portate anche per questi eventi.

5.6 CARATTERISTICA DEI MEZZI FILTRANTI

Il mezzo filtrante dovrebbe essere sufficientemente permeabile da consentire all'acqua di attraversarlo, e deve contenere materiale organico e sostanze nutritive sufficienti per sostenere la vegetazione.

Una specifica indicativa è fornita di seguito, e se vengono utilizzate alternative, i parametri delle specifiche devono essere chiaramente indicati, in modo che, nel caso in cui un fornitore cessi dal mercato, il materiale filtrante possa ancora essere sostituito.



Figura 19: aree di ingresso delle acque nei sistemi di bioritenzione

⁹ FAIR, G M and GEYER, J C (1954) Elements of water supply and wastewater disposal, John Wiley and Sons Inc, New York, USA (ISBN: 978-0-47125-115-6)

Si noti che la specifica riportata è diversa da quella del suolo degli alberi, e se nel sistema vengono piantati alberi, occorre una valutazione da parte di professionisti del settore.

Una specifica errata può causare una ridotta conduttività idraulica, la compattazione eccessiva o il collasso strutturale, con conseguente riduzione della capacità di trattamento e del rivestimento superficiale, perdita di vegetazione, ecc.

Conducibilità idraulica satura: dovrebbe essere compresa tra 100 mm/h e 300 mm/h.

Porosità totale: dovrebbe essere > 30%.

La distribuzione delle dimensioni delle particelle (PSD) è d'importanza secondaria rispetto alla conduttività idraulica satura.

- o argilla e limo (<0,063 mm) <5%
 - o sabbia fine (0,063-0,2 mm) <20%
 - o sabbia media (0,2-0,6 mm) dal 35% al 65%
 - o sabbia grossa (0,60-2,0 mm) dal 50% al 60%
 - o ghiaia fine (2,0-6,0 mm) <10%
- sostanza organica 3-5%.
pH 5.5-8.5 (1: 2,5 terreno / estratto di acqua)
La conduttività elettrica (<3300 μ S / cm (terreno 1: 2,5 / estratto di CaSO₄)
L'azoto totale 0,10-0,30%
fosforo estraibili 16-100 mg /l
potassio estraibile 120-900 mg /l

Il mezzo filtrante deve essere installato correttamente con un livello adeguato di compattazione per impedire la migrazione di particelle fini.

Per i semplici giardini di pioggia al servizio di una piccola area di copertura (<20 mq), il mezzo filtrante potrebbe essere sostituito da uno strato di terreno ingegnerizzato di 200-500 mm, o può essere impiegato un "suolo modificato" comprendente: 55% di sabbia, 30% di terreno esistente, 15% di compost.

Lo strato di drenaggio dovrebbe essere molto più permeabile del mezzo filtrante. Ci sono vari materiali che possono essere adatti come lo strato di drenaggio:

- o materiali di fondazione per superfici permeabili, come ad esempio aggregati 4/20
- o unità geocellulari

Il calcestruzzo riciclato frantumato può essere appropriato per lo strato di drenaggio, ma non dovrebbero contenere particelle fini che potrebbero fuoriuscire dallo strato di drenaggio, contaminando il deflusso e potenzialmente bloccando le tubazioni sottostanti. Il calcestruzzo frantumato dovrebbe anche essere testato per assicurarsi che non liscivi i contaminanti nell'acqua.

5.7 PIANTE DA UTILIZZARE

Due tipi specifici di aree di impianto possono essere differenziati come segue:

- a) Aree di impianto ornamentale: il fogliame deve coprire l'intera area alla fine della seconda stagione di crescita, con piante perenni che danno colore dalla primavera all'autunno e erbe ornamentali e arbusti sempreverdi o frutti di bosco che garantiscono che l'area rimanga visivamente accettabile durante l'inverno.
- b) Prati aperti: queste aree possono essere utilizzate per la bioritenzione e tendono a ridurre significativamente i requisiti di manutenzione. L'impianto utilizzato in questo caso tende ad essere una varietà di erbe autoctone intrecciate con selezioni di fiori di campo.

Qualunque sia la piantagione specificata, i seguenti aspetti sono importanti:

- È necessario un impianto denso (tipicamente nell'ordine di 6-10 piante/mq, che aumenta la densità delle radici e aiuta a mantenere la permeabilità superficiale.
- Nei sistemi più grandi, prendere in considerazione la zonizzazione, con aree lontane dall'ingresso dell'acqua con specie diverse che devono essere più resistenti.

Gli arbusti sono piante molto efficaci se applicate ai sistemi di bioritenzione a causa del loro sistema di radici moderatamente fibroso e della grande biomassa di radice. Possono fornire dense barriere vegetative per dissuadere l'accesso pubblico se necessario e ridurre le erbe infestanti. Un minimo di tre tipi di arbusti dovrebbe essere usato per diversificare le specie e proteggere da parassiti e malattie. Il terreno erbaceo deve essere impiegato se le condizioni del sito sono adatte (almeno tre o quattro specie) perché le radici fibrose e la crescita rapida sono efficaci nella rimozione di sostanze inquinanti. Il tappeto erboso non è raccomandato a causa della tolleranza limitata ai periodi di siccità.

5.8 MANUTENZIONE

I sistemi di bioritenzione richiedono una manutenzione regolare per assicurare la prestazione di progetto, e tutti i progettisti dovrebbero fornire specifiche dettagliate e le frequenze per le attività di manutenzione richieste, insieme ai probabili requisiti del macchinario e ai costi annuali tipici all'interno del piano di manutenzione.

La principale causa di degradamento dei sistemi di bioritenzione è l'intasamento della superficie, che è facilmente visibile. Il malfunzionamento dei drenaggi profondi non è facile da rilevare e quindi potrebbe essere ignorato.

E' probabile che i risultati di qualsiasi malfunzionamento causino ristagni superficiali che si riflette sulla qualità dell'acqua in uscita che esce dal troppo pieno più frequentemente di quanto progettato. Durante i primi mesi dopo l'installazione, il sistema dovrebbe essere ispezionato visivamente dopo gli eventi piovosi e la quantità di deposizione misurata, per dare all'operatore un'idea del tasso previsto di deposito di sedimenti. Dopo questo periodo iniziale, i sistemi dovrebbero essere ispezionati ogni trimestre, per verificare il livello appropriato di manutenzione.

Lo spazzamento stradale frequente nel bacino servito aumenterà l'intervallo di tempo tra la pulizia delle strutture o la superficie del filtro e ridurrà il carico di solidi fini sospesi che possono potenzialmente intasare il mezzo filtrante.

Tutte le attività di gestione della vegetazione dovrebbero tener conto della necessità di massimizzare la biosicurezza e prevenire la diffusione di specie invasive.

La Tabella 6 fornisce indicazioni sul tipo di programma di manutenzione che è più intensa durante il periodo di costituzione. Erbicidi e pesticidi (come Roundup) e fertilizzanti non dovrebbero essere usati sui sistemi di bioritenzione perché questi inquinanti sono lavati facilmente attraverso il sistema.

I sedimenti estratti da dispositivi di pretrattamento che ricevono deflusso da aree residenziali o standard di strade e tetti non sono generalmente materiali tossici o pericolosi, tuttavia analisi dei sedimenti sono necessari per determinare la loro classificazione e i metodi di smaltimento appropriati.

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Ispezioni	Ispezionare le superfici d'infiltrazione per controllare l'insabbiamento e il ristagno, registrare tempo di drenaggio della struttura e valutazione l'altezza dell'acqua nei dreni di fondo (se del caso) per determinare se la manutenzione è necessaria	Trimestrale
	Controllare il funzionamento dei dreni sotterranei ispezionando i flussi dopo pioggia	Annuale
	Valutare le piante per malattie infettive, scarsa crescita, specie invasive ecc. e sostituire se necessario	Trimestrale
	Ispezionare gli ingressi e le uscite per evitare le ostruzioni	Trimestrale
Manutenzione regolare	Rimuovere rifiuti e detriti di superficie e le erbe infestanti	Trimestrale (o più frequentemente per ragioni di ordine o estetico)
	Sostituire le piante, per mantenere la densità d'impianto	Se necessario
	Rimuovere sedimenti, rifiuti e detriti accumulati presso lo scarico in ingresso e nel bacino di sedimentazione	Da trimestrale a semestrale
Manutenzione occasionale	Riempire eventuali fori o erosioni del mezzo filtrante, migliorare la protezione dell'erosione se necessario	Se necessario
	Riparare piccoli accumuli di limo rimuovendo il pacciame superficiale, scarificando la superficie del terreno e sostituendo il pacciame	Se necessario
Rimedi	Rimuovere e sostituire mezzo filtrante e la vegetazione soprastante	Se necessario ma probabilmente dopo più di 20 anni

Tabella 6: schema di manutenzione per i sistemi di bioritenzione, da ⁽¹⁾.

6 RITENZIONE CON ALBERI

Alberi e grandi arbusti sono utili nei sistemi di bioritenzione in quanto:

- Intercettano le precipitazioni e lasciano evaporare l'acqua dalle superfici fogliari e dai rami
- Dissipano l'energia di deflusso delle precipitazioni
- Assorbono sostanze chimiche dannose, inclusi metalli, composti organici, combustibili e solventi che possono essere trasformate in sostanze meno dannose, utilizzate come sostanze nutritive e/o conservate in radici, steli e foglie.
- Facilitano l'infiltrazione e la ricarica delle acque sotterranee, per effetto del loro esteso sistema di radici
- Forniscono ombra e possono ridurre le temperature delle acque di deflusso
- Creano un habitat vitale, consentendo a più specie di prosperare nell'ambiente urbano

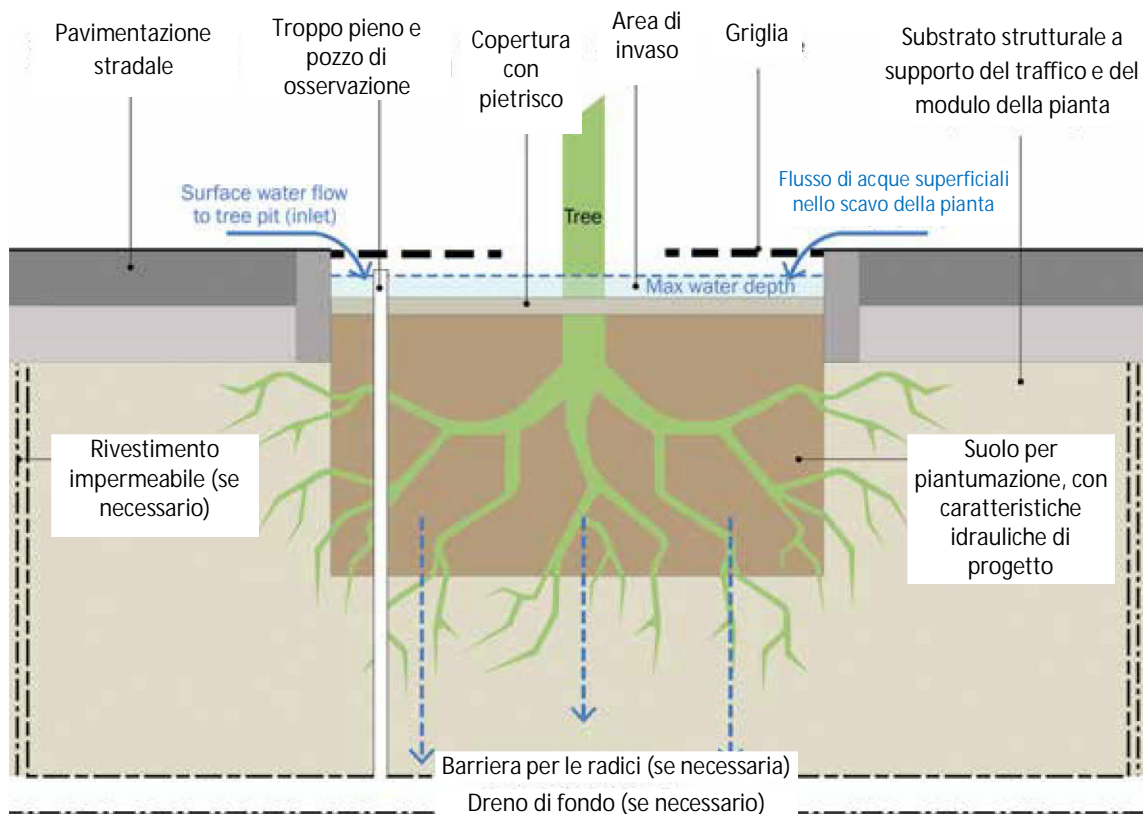


Figura 20: schema di impianto di un albero in ambito urbano, da (1).



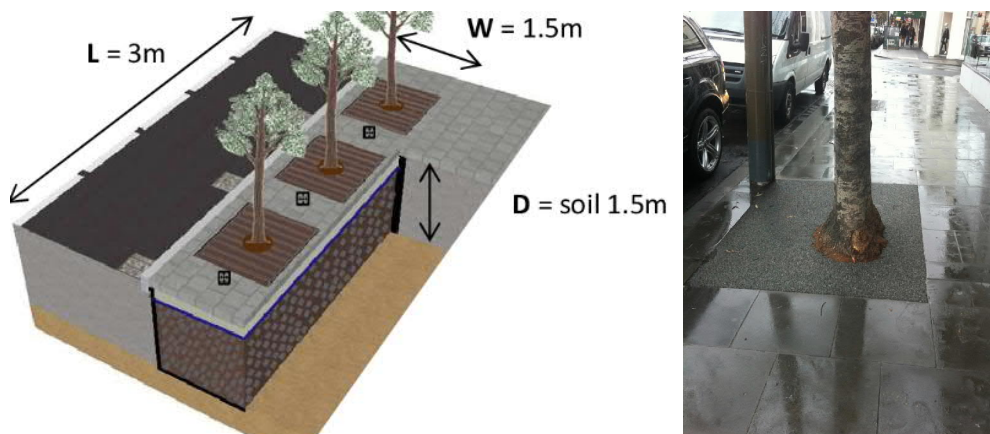


Figura 21: sistemazione in ambito urbano di alberi alimentati dal deflusso superficiale.

In un'ambiente con piovosità media annua di 1000 mm, la somma dell'intercettazione e della traspirazione delle conifere elimina il 55-80 % delle precipitazioni, mentre un valore del 40 -60% è attribuito alle latifoglie. I risultati preliminari di ricerche ⁽¹⁰⁾ indicano che gli alberi possono ridurre dell'80% il deflusso rispetto all'asfalto impermeabile.

La piantumazione può avvenire all'interno di una serie di componenti di infiltrazione SuDS come i sistemi di bioretentione, i bacini di detenzione, i canali inerbiti (swales) per migliorare le loro prestazioni, oppure possono essere previsti come elementi autonomi posti entro appositi spazi, fioriere alberate, strutture stradali, come parte del sistema di gestione delle acque superficiali.

Le cavità e le fioriere alberate possono attenuare il deflusso fornendo spazio di raccolta dell'acqua all'interno della sottostruttura che sostiene il sistema e filtrare direttamente il carico di inquinanti. Gli alberi sono adatti a gestire il deflusso locale, indicativamente quello che può drenare verso un'unica caduta stradale, ma non sono adatti per grandi volumi di acqua raccolti attraverso canali o provenienti da un bacino secondario.

6.1 IL PROGETTO

Gli alberi richiedono uno spazio e un terreno appropriato, uno scambio di gas e un drenaggio adeguato per i quali le proprietà del suolo sono fondamentali. L'apporto dell'acqua per i bisogni degli alberi deve essere bilanciata con la necessità di non saturare il suolo, garantendo che per la maggior parte del tempo l'acqua si mantenga al di sotto del volume radicato, anche se brevi periodi di saturazione sono accettabili, purché sia consentito alla stessa di fluire nel suolo fino alla base dell' area radicata.

La radicazione deve garantire la vitalità e la stabilità e secondo Crow ⁽¹¹⁾, le radici degli alberi sono scarse a profondità elevate (ad esempio > 2 m) e in genere il 90-99% della lunghezza totale delle radici è presente nel primo metro del suolo.

In un ambiente urbano gli alberi possono essere soggetti a condizioni che rendono difficile la crescita, a causa della compattazione del suolo da parte dei veicoli e delle scarsità di aria e di acqua apportate alle

¹⁰ ARMSON, D, STRINGER, P and ENNOS, A R (2011) "The effects of trees and grass upon the temperatures and surface water runoff in urban areas" Building and Environment, vol 80, 2014, Elsevier BV, UK, pp 32-35

¹¹ CROW, P (2005) The influence of soils and species on tree root depth , Information Note FCIN078, Forestry Commission, Edinburgh, Scotland.

radici. Per migliorare le condizioni esistono diverse soluzioni ingegneristiche, che portano a espandere il più possibile l'ambiente di radicazione sotto le superfici pavimentate e ad utilizzare sistemi portanti per evitare la compattazione del terreno attorno alle radici.

6.1.1 I terreni strutturali di coltura

Sono un gruppo di miscele di terra e ghiaia progettati per supportare la crescita degli alberi e servire da sottofondo per le pavimentazioni stradali e devono possedere elevate caratteristiche di porosità e robustezza. I tre principali tipi di mezzi strutturali sono i seguenti:

Substrati a base di sabbia (noti anche come terreni arborei), comprendono prevalentemente sabbia da media a grossa (0,2-2 mm) miscelata con compost verde fine (che fornisce un contenuto di sostanza organica del 2-4%) e il 2 -4% di argilla per aggiungere adeguate proprietà di ritenzione idrica e nutritiva. Al posto della sabbia è possibile anche l'uso del vetro. Il loro impiego è limitato ad aree pavimentate non trafficate come quelle pedonali senza veicoli e piste ciclabili, dove non sono richiesti alti livelli di compattazione.

Substrati aggregati di medie dimensioni: utilizzano una miscela di aggregati angolari che può essere compattata al 95% della massima densità secca mantenendo comunque lo spazio vuoto tra le particelle che è riempito di terra. Le particelle dell'aggregato grossolano formano una matrice che supporta e distribuisce i carichi dai veicoli impedendo la compattazione del terreno più fine in cui possono crescere le radici dell'albero e impedendo il sollevamento della pavimentazione attorno all'albero. Ci sono molte varianti delle miscele di aggregato / suolo, ma in genere l'aggregato ha un diametro di 25-100 mm e la proporzione di terreno è intorno al 20-35%. Poiché la capacità portante dell'aggregato dipende dalla resistenza e dalla durata delle particelle, si raccomanda che, laddove sia utilizzata sotto aree trafficate, soddisfi i requisiti di durabilità e forma delle particelle per le fondazioni sotto le strade permeabili. Il terreno può essere composto da varie miscele di argilla, sabbia e compost. Questo tipo di supporto può essere utilizzato in aree leggermente trafficate come i parcheggi.

Substrati con scheletro in pietrame, conosciuto anche come sistema di Stoccolma è simile al precedente ma utilizza particelle aggregate più grandi, con uno strato di base di 100-150 mm coperto da uno strato di aggregato di 63-90 mm. Gli aggregati vengono compattati e di seguito il terreno viene immesso negli spazi tra le particelle più grandi mediante irrigazione. Il sistema è dotato di prese che consentono all'acqua di superficie e all'aria di entrare liberamente nel substrato e può supportare carichi di traffico più pesanti rispetto ai sistemi sopra descritti, ad esempio veicoli pesanti e autobus.

Altri sistemi di protezione

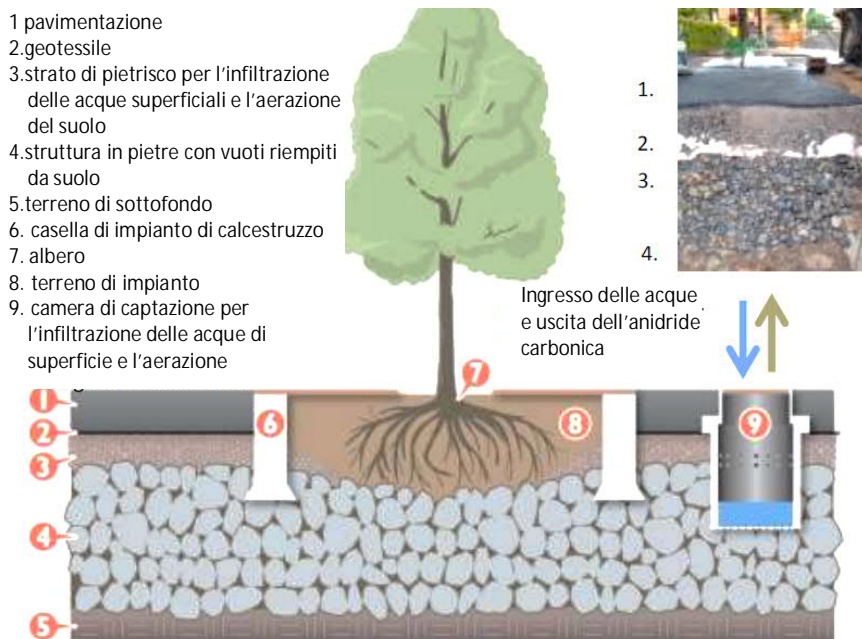


Figura 22: da Trees and Stormwater Management – The Stockholm solution. Street Department, Stockholm, 2016.

dell'apparato radicale sono le seguenti:

6.1.2 Le strutture modulari,

Denominate "sistemi di gabbie", sono strutture di plastica, cemento, plastica/acciaio o plastica/cemento di forma cubica, che supportano i carichi dalla pavimentazione sovrastante e impediscono la compattazione del substrato. Possono essere utilizzate per supportare parcheggi e strade e prevenire la compattazione del suolo arboreo in modo simile all'aggregato nei terreni strutturali. Di solito sono coperti con griglie e si estendono al di sotto della superficie pavimentata adiacente. L'elemento strutturale occupa una piccola proporzione del volume complessivo rispetto

ai sistemi basati su aggregati, quindi è disponibile un maggiore volume per l'apparato radicale.



Figura 23 struttura modulare da eWater Ltd9.

I sistemi a zattera sono composti da uno strato strutturale piano che viene costruito sull'area di sviluppo delle radici, che distribuisce i carichi su un'area più ampia per prevenire la compattazione, ed è configurato in modo da consentire la libera circolazione di ossigeno e di acqua nei sistemi radicali. Si possono distinguere due tipi di sistema di zattere:

1 Sistemi di confinamento cellulare - Questi sono anche indicati come geocelle e sono formati da strisce di HDPE che sono aperte e bloccate per fornire una serie di celle a nido d'ape riempite con aggregato grossolano (in genere 4-40 mm o 20-40 mm) per promuovere lo scambio di aria e acqua con i terreni sottostanti. Questi elementi sono ampiamente utilizzati nella costruzione di strade non asfaltate e per strade e ferrovie su terreni di bassa portanza fino dagli anni '70, e sono normalmente progettati seguendo le indicazioni

fornite dall'US Army Corp of Engineers (USACE).



Figura 24: protezione delle radici con confinamento cellulare. PRS Geo Technologies Ltd.

2 Sistemi geocellulari. Si tratta di unità con giunzioni che forniscono una connessione strutturale in modo che il sistema agisca come una zattera per distribuire il carico. Le unità possono essere riempite di terreno per ampliare l'ambiente di radicazione.



Figura 25: zattere per la protezione delle radici degli alberi, da Polypipe Group.

È importante posizionare gli alberi a una distanza ragionevole dai servizi interrati come cavi elettrici e condutture dell'acqua, ma il rischio di danni può essere ridotto al minimo installando barriere attorno al volume radicato come i geotessili specificamente progettati. Le utenze sotterranee possono comunque essere collocate intorno e anche attraverso le fosse degli alberi, nei moduli e nelle zattere geocellulari.

6.2 IDRAULICA DEI SISTEMI ALBERATI

Quando i sistemi descritti sono usati per immagazzinare l'acqua superficiale, il sottosuolo può a volte saturarsi e diminuire di resistenza, per cui nel progetto occorre tenere conto della stabilità della pianta in tali condizioni.

Se la pianta è collocata in aree con terreni impermeabili, è possibile che l'acqua ristagni sopra la fossa; in questo caso è necessario realizzare troppo pieni e dreni sotterranei per impedire che l'acqua soffochi gli alberi ed evitare il rischio di allagamenti.

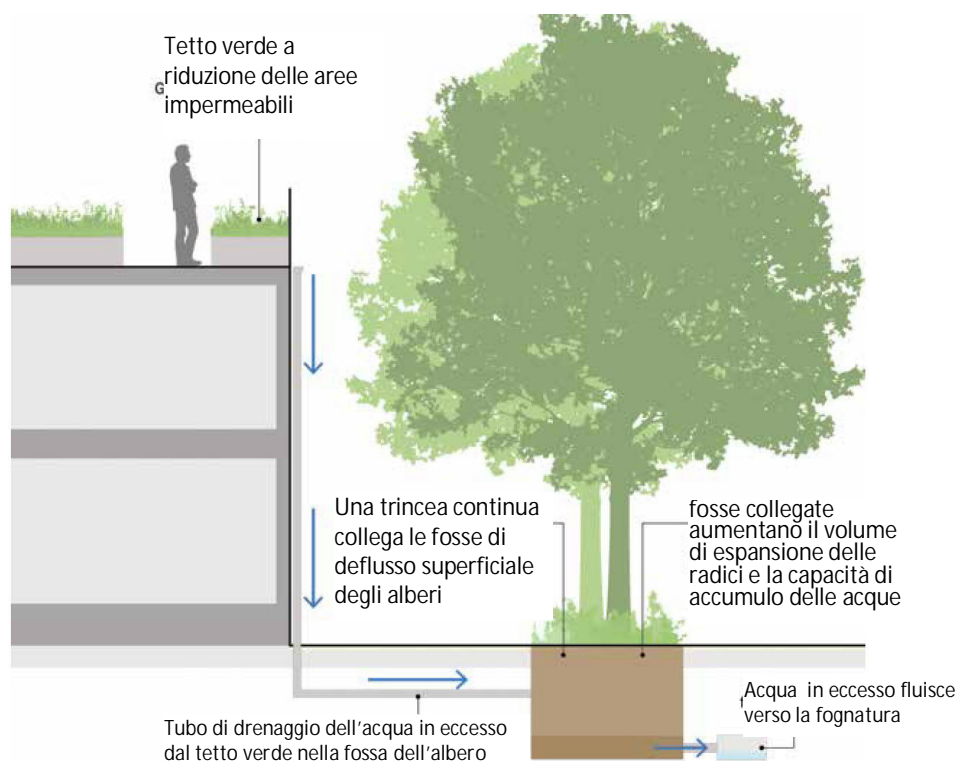
I singoli alberi normalmente sono meno efficaci dei sistemi integrati nel controllare il deflusso delle acque superficiali poiché questi ultimi offrono maggiore capacità e flessibilità, come mostrato in Figura 26 dove è rappresentato un sistema integrato di alberi e tetti verdi.

Il livello di acqua immagazzinata sulla superficie della fossa dovrebbe essere tale da svuotarsi entro 48 ore, sia per garantire uno sviluppo radicale sano, sia per controllare efficacemente i picchi di portata. Se è probabile che si manifesti comunemente un allagamento prolungato, è necessario collocare specie che tollerano la sommersione.

I principali requisiti del suolo per l'uso in strutture modulari e zattere sono:

1. la tessitura omogenea su tutto il profilo
2. la buona classazione del terreno
3. il contenuto di humus che dovrebbe essere di circa il 5%

Inoltre la permeabilità dovrebbe



essere di 100-300 mm /h per equilibrare il drenaggio efficace con il trattamento durante la filtrazione.

La composizione può essere la seguente:

diametro setaccio mm	% passante
2	100
0.2	40-50
0.063	15-30

Figura 26: fossa inserita in un sistema integrato

Ph : 5.5-7.5 ; fosforo estraibile 12-36 mg/l ; conducibilità

elettrica - 1500 μ S/cm.

6.3 MANUTENZIONE

Le manutenzioni saranno maggiori durante i primi anni, quando l'albero si sta consolidando, e dovrebbero comportare ispezioni regolari, rimozione della vegetazione invasiva e possibilmente irrigazione durante lunghi periodi di siccità, in particolare nei terreni con elevate percentuali di vuoti, perché le radici degli alberi devono stabilire un buon contatto tra la radice e il suolo prima di poter estrarre efficientemente l'acqua dal terreno.

Di seguito si fornisce una guida sul tipo di manutenzione che può essere opportuna. L'elenco delle azioni non è esaustivo e alcune azioni possono non essere necessarie.

SCHEDA DI MANUTENZIONE	AZIONE RICHIESTA	FREQUENZA TIPICA
Manutenzione regolare	Rimuovere rifiuti e detriti	Mensile o se necessario
	Gestire l'altra vegetazione e rimuovere le piante infestanti	Mensile all'inizio, poi se necessario
	Controllare gli scarichi in ingresso e le uscite	Mensile
Manutenzione occasionale	Controllare la salute dell'albero e gestire l'albero in modo appropriato	Annuale
	Rimuovere l'accumulo di limo dagli ingressi e dalla superficie e sostituire il pacciame secondo necessità	Annuale o se necessario
	Irrigazione	Se necessario, nei periodi secchi
Controlli	Ispezionare i tassi di accumulo di limo e stabilire le appropriate frequenze di rimozione	Semestrale