

MIGLIORI PRATICHE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE IN AREE URBANE



Linee Guida per un regolamento del verde





I 9 Comuni dell'Agenda 21 locale dell'Area Fiorentina

Bagno a Ripoli



Calenzano



Campi Bisenzio



Fiesole



Firenze



Lastra a Signa



Scandicci



Sesto Fiorentino



Signa



I Comuni di Bagno a Ripoli, Calenzano, Campi Bisenzio, Fiesole, Firenze, Lastra a Signa, Scandicci, Sesto Fiorentino e Signa, hanno determinato di coordinare e programmare i propri processi di Agenda



21 e le loro azioni volte allo sviluppo sostenibile con [un protocollo d'intesa formalizzato il 26 novembre 2004](#).

Progetto Attuazione dell'Agenda 21 Locale dell'Area Fiorentina

Cofinanziato con il Bando per il "Cofinanziamento di programmi di attivazione e di attuazione di Agende 21 locali" del 2008 della Regione Toscana

Responsabile del procedimento:

Pietro Rubellini – Direzione Ambiente, Comune di Firenze

Coordinatore politico:

Stefania Saccardi - Assessore all'Ambiente Comune di Firenze

Gruppo di coordinamento politico:

Francesco Casini - Assessore all'Ambiente Comune di Bagno a Ripoli

Gaetano Zipoli - Assessore all'Ambiente Comune di Calenzano

Serena Pillozzi - Assessore all'Ambiente Comune di Campi Bisenzio

Luciano Orsecci - Assessore all'Ambiente Comune di Fiesole

Filippo Biancalani - Assessore all'Ambiente Comune di Lastra a Signa

Simona Bonafé - Assessore all'Ambiente Comune di Scandicci

Andrea Banchelli - Assessore all'Ambiente Comune di Sesto Fiorentino

Federico La Placa - Assessore all'Ambiente Comune di Signa

Coordinatore tecnico:

Riccardo Pozzi - Comune di Firenze

Gruppo di coordinamento tecnico:

Ilenia Iacopozzi - Comune di Bagno a Ripoli

Gianna Paoletti - Comune di Calenzano

Loredana Sabatini - Comune di Campi Bisenzio

Alessio Bacci e Elena Petrini - Comune di Fiesole
Valter Cozzi - Comune di Firenze
Stefano Giovannini - Comune di Lastra a Signa
Ilaria Baldi - Comune di Scandicci
Leonardo Mangiarotti - Comune di Sesto Fiorentino
Valerio Balzoni - Comune di Signa

Cofinanziatore del progetto:
Regione Toscana

Partner di progetto:
Provincia di Firenze
Università di Firenze – Dipartimento biotecnologie agrarie
Università di Firenze – Dipartimento di chimica
CET - Società Consortile Energia Toscana a r.l.
Toscana Energia
ARPAT
ISPRA
Quadrifoglio
SAFI
ASL 10 - Prevenzione
ARS – Dipartimento epidemiologico
ISDE – Associazione Medici per l'ambiente
ITI – Leonardo da Vinci
ANSAS - Agenzia Nazionale per lo Sviluppo dell'Autonomia
Scolastica - ex IRRE Toscana
CNR – IBIMET
CNR – ICCOM
CNR – IVALSA
CNR – IBAF
CNR – ISE
Progetto Firenze Hydrolab
CIBIC – Centro Interdipartimentale per la Bioclimatologia
dell'Università degli Studi di Firenze Climatica
FONDAZIONE Osservatorio XIMENIANO di Firenze - Onlus
WWF Toscana



Legambiente Toscana

Ordine Architetti di Firenze

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze

Ordine degli Agronomi della provincia di Firenze

Centro Nazionale Rinnovabili



Sommario

PREMESSA.....	8
1. CONFRONTO FRA GESTIONE TRADIZIONALE E GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE METEORICHE	14
2. TECNICHE DI GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE METEORICHE: LE BMPs.....	16
3.1 <i>Contenere i deflussi delle acque meteoriche</i>	21
3.1.1. Pavimentazioni permeabili	21
3.1.2. Tetti verdi.....	24
3.2 <i>Infiltrazione delle acque meteoriche</i>	26
3.2.1. Trincea filtrante	26
3.2.2. Canale vegetato aperto	29
3.2.3. Canale filtrante	31
3.2.4. Aree di ritenzione vegetata.....	33
3.3 <i>Sistemi di pretrattamento naturali</i>	35
3.3.1. Strisce filtranti.....	35
3.3.2. Canale inerbito.....	37
3.4 <i>Raccolta, trattamento e riutilizzo delle acque meteoriche</i>	39
3.4.1. Acque meteoriche dei tetti	40
3.4.2. Acque meteoriche provenienti da altre superfici	46
3.4.2.1. Sistemi a flusso sommerso subsuperficiale (SFS-h)	46
3.4.2.2. Filtri a sabbia sotterranei.....	49
3.4.3. Pretrattamenti per acque meteoriche derivanti da altre superfici	51
3.4.3.1. Separatore olii/grassi	51
3.4.3.2. Sistema di grigliatura indiretta	53
3.4.3.3. Vasche di prima pioggia.....	55
3.5 <i>Immissione in corpi idrici superficiali</i>	57
3.5.1. Sistemi di filtrazione estensivi per acque meteoriche	59
3.5.2. Sistemi estensivi a flusso libero	62
3.6 <i>Costi</i>	66
3. IL RISPARMIO IDRICO E IL RECUPERO DELLE ACQUE GRIGIE.....	67
3.1 <i>Misure di risparmio idrico</i>	68
3.2 <i>La separazione di feci e urine</i>	72
4.2.1. Compost toilet	72
4.2.2. Separazione delle urine	76
3.3 <i>La separazione e il trattamento delle acque grigie</i>	79



4. RIFERIMENTI DI LEGGE 88



Premessa

Negli ultimi anni di quando in quando i giornali o la televisione ci ricordano che l'acqua sarà il petrolio del ventunesimo secolo: la crisi dovuta alla scarsità ed ineguale distribuzione delle risorse idriche, acuita dagli effetti del cambiamento climatico, sarà la principale causa per cui si combatteranno le guerre del futuro. Ma mentre il tema dei cambiamenti climatici è cresciuto rapidamente nell'attenzione delle opinioni pubbliche negli ultimi anni, fino ad imporre con forza la questione energetica e renderla centrale nelle agende dei Governi e delle Istituzioni sovranazionali, nulla di simile sta avvenendo per l'acqua. Si parla talvolta di questioni legate all'acqua, come la privatizzazione dei servizi idrici o le perdite delle reti di distribuzione, ma difficilmente, almeno in Italia, si va oltre la semplice denuncia.

Eppure è sempre più necessario prendere atto che la crisi idrica interessa non solo le zone aride del mondo ma anche l'Europa: ce lo ricorda l'Agenzia Ambientale Europea che in un recente rapporto¹ sottolinea come "l'enfasi sproporzionata" posta storicamente dalle politiche idriche Europee sul fronte dell'offerta abbia "promosso l'eccesso di prelievo osservato oggi in gran parte d'Europa ed il danno per gli habitat acquatici ad esso associato. Il continuo aumento dell'offerta è una scelta gestionale non più praticabile in futuro [...]. L'Europa ha bisogno di una politica sostenibile di gestione della domanda idrica, focalizzata sulla conservazione e l'uso più efficiente della risorsa idrica".

La cattiva gestione dell'acqua nelle nostre città costituisce uno delle cause principali della crisi idrica. Innanzitutto perché la domanda per usi civili contribuisce ad impoverire fiumi e falde di acqua perlopiù di ottima qualità: il settore civile, pur rappresentando circa il 20% del totale della domanda è quello che richiede acqua di miglior qualità,

¹ European Environmental Agency *Water resources across Europe: confronting water scarcity and drought*. EEA Report No 2/2009



ed è l'unico settore ancora in crescita². Ma soprattutto perché il carico inquinante di origine civile, nonostante il ricorso ai depuratori, è ancora largamente superiore a quello che possono sopportare i corpi idrici che li ricevono, come dimostrano i monitoraggi sullo stato di fiumi e falde.

Da oltre un decennio, ad occhi esperti di tutto il mondo, è risultato sempre più chiaro che il modello di gestione delle acque nelle nostre città non è sostenibile. Non è sostenibile il *modello "urbano"*, basato su *"prelievo, distribuzione, utilizzo, fognatura, depuratore, restituzione al corpo idrico"*, perché comporta un uso eccessivo di risorse idriche di altissima qualità, perché produce inquinamento che può essere solo parzialmente ridotto ricorrendo alla depurazione, perché non si cura di riutilizzare risorse preziose come l'azoto e il fosforo contenute nelle "acque di scarico". Non è sostenibile il *modello "domestico"*, perché è basato su una serie di pratiche come minimo rozze, se non completamente illogiche: l'approvvigionamento idrico delle nostre case attraverso un'unica fonte – l'acqua fornita attraverso l'acquedotto pubblico –, anche quando sarebbe possibile, utile e conveniente raccogliere e usare l'acqua di pioggia in modo diffuso e decentrato; il consumo indiscriminato dell'acqua potabile, usata in grandi quantità per scaricare il WC; l'eliminazione di tutti i nostri scarti attraverso un unico sistema di scarico – siano essi escrementi con carica batterica altissima, urine ricche di prezioso azoto, o acqua praticamente potabile usata per sciacquare la frutta.

² Secondo l'ISTAT i consumi civili a livello nazionale sono cresciuti del 10% tra il 1995 e il 2005 e il recente rapporto di ANEA e Utilitatis prevede un'ulteriore crescita del 4% nei prossimi 10 anni (Associazione Nazionale Enti d'Ambito, Utilitatis, pro acqua energia ambiente. BLUE BOOK: i dati sul servizio idrico integrato in Italia. Roma, maggio 2009)



Un recente volume di Giulio Conte³ fa una sintesi dei principi che rendono più sostenibile la gestione dell'acqua urbana: "Innanzitutto la quantità d'acqua (1) che preleviamo, sottraendola alla circolazione naturale e ad altri possibili usi: meno è, meglio è. Un secondo aspetto non secondario è la distanza tra il prelievo e la restituzione (2): se prendiamo acqua da un fiume alla sorgente e la restituiamo alla foce, sarà ben peggio che restituirla immediatamente a valle di dove l'abbiamo presa, perché è pur sempre meglio un fiume con acqua inquinata, che un fiume senz'acqua. Naturalmente è importante la qualità con cui restituiamo l'acqua (3): potremmo dire che migliore è la qualità degli scarichi, più "sostenibile" è la città che li genera, ma in realtà le cose non stanno proprio così. E' sostenibile una città i cui scarichi sono compatibili con il corpo idrico che li riceve: se si ha la fortuna di scaricare in un grande fiume che può ricevere lo scarico, diluendolo senza scadere di qualità, non avrebbe senso spingere inutilmente il processo depurativo: quindi una città "fortunata" perché ha un recettore con "maggiore capacità", può essere più sostenibile di un'altra meno fortunata anche se depura meno. Infine [...] è necessario favorire la reimmissione dei nutrienti (azoto e fosforo) nei cicli biogeochimici naturali (4), in particolare restituendoli ai campi coltivati da cui vengono asportati attraverso gli alimenti. Vi è un altro aspetto importante della gestione urbana dell'acqua, e riguarda le piogge: abbiamo visto come la commistione delle acque di pioggia nelle reti fognarie sia una delle più importanti criticità nella gestione delle reti fognarie. Indipendentemente da ciò, uno degli impatti ambientali rilevanti dell'urbanizzazione è l'impermeabilizzazione del suolo, che influenza negativamente la risposta idrologica dei bacini, riducendo l'infiltrazione in falda ed aumentando ed accelerando i deflussi superficiali. La città sostenibile è, dunque, anche quella che riduce al minimo l'impermeabilizzazione del suolo (5) e ne mitiga gli effetti, "laminando" le acque superficiali in occasione delle piogge. [...]

³ Giulio Conte. *Nuvole e sciacquoni: come usare meglio l'acqua in casa e in città*. Edizioni Ambiente 2008



Dunque nel “progettare città sostenibili”, per quanto riguarda l’acqua, dovremmo puntare a:

1. Minimizzare i volumi prelevati.
2. Minimizzare la circolazione “artificiale” dell’acqua, restituendo l’acqua più vicino possibile al punto di prelievo.
3. Garantire una buona efficacia depurativa (possibilmente contenendo i costi), commisurata a mantenere in buone condizioni il corpo idrico che riceve gli scarichi.
4. Permettere il riuso e la corretta reimmissione nei cicli biogeochimici naturali dei nutrienti.
5. Minimizzare la superficie impermeabilizzata e comunque compensarla attraverso opportuni volumi di laminazione diffusi nel territorio urbanizzato”

Come sia possibile mettere in pratica questi cinque principi di “sostenibilità idrica urbana”, quali soluzioni possono essere adottate e le migliori pratiche e tecnologie disponibili è l’oggetto dei capitoli che seguono, basati sulle migliori esperienze messe in campo in tutto il mondo. Ma per affrontare seriamente la crisi idrica è necessario un salto concettuale, un nuovo paradigma nella concezione della pianificazione urbana e nei suoi concetti base.

Sostiene l’economista Antonio Massarutto⁴: “Nel passato, il modello era prevalentemente estensivo: più la città cresceva, più allargava la sua impronta sul territorio limitrofo; il suo potere economico e politico le permetteva di tacitare facilmente le proteste, le ragioni della crescita economica e il mito dello sviluppo accelerato costituiscono anche un potente fattore di consenso sociale. Mentre la città colonizza la campagna assoggettandola alle proprie esigenze, masse di contadini abbandonano la campagna per venire in città. E alimentano ulteriormente il circuito. Further from farther, sintetizza Barraqué: sempre di più, da sempre più lontano. [...]”

⁴ Antonio Massarutto *L’acqua: un dono della natura da gestire con intelligenza* Il Mulino 2008

In Europa, e certo anche in Italia, questo schema è da tempo arrivato a un punto di non ritorno. Il circolo vizioso si è rotto: prima o poi, l'ombra della città non può più estendersi, vuoi perché incontra l'ombra di un'altra città, vuoi perché anche la campagna ha raggiunto un livello di benessere e potere che le permette di opporre il rifiuto, vuoi ancora perché le interconnessioni sono diventate così pervasive e onnipresenti da rendere necessario un approccio completamente nuovo. Mentre gli "idrodinosauri" – come sono stati definiti i progetti ispirati alla filosofia del passato – si avviano all'inesorabile estinzione, essendo i loro costi finanziari, ambientali e sociali ormai insostenibili, un nuovo paradigma si afferma: dapprima nelle università, poi nella pratica professionale dei più avveduti, infine nella prassi gestionale e amministrativa. Una filosofia le cui parole chiave sono prevenire piuttosto che curare, assecondare la natura piuttosto che opporvisi frontalmente, adattare la domanda invece che sviluppare l'offerta, restituire spazi al fiume e all'ecosistema idrico invece che occuparli sistematicamente."

Ecco dunque la grande sfida per le città e gli urbanisti del futuro: mettere l'acqua al centro della progettazione urbana, ma in modo totalmente diverso da quanto è stato fatto in passato. L'acqua, infatti, è sempre stata elemento fondamentale della città: le fontane, i "waterfront", i grandi acquedotti, sono stati per secoli indissolubilmente legati all'idea stessa di benessere, di sviluppo e anche di "cultura" urbana, mentre il lato meno nobile del ciclo – quello degli scarichi – era relegato nel sottosuolo e di conseguenza ignorato. La svolta per gli urbanisti di domani consiste nel ripensare il rapporto tra acqua e spazio urbano tenendo insieme tutte le facce che riguardano questo complesso rapporto, in termini strutturali e funzionali. Si tratta di una sfida che coinvolge in modo profondo l'organizzazione dello spazio urbano. Sarà necessario averla ben presente, non solo per la realizzazione di nuovi edifici o la ristrutturazione di quelli esistenti, ma anche quando si progettano le strade, i parcheggi, le ferrovie, i parchi, le reti ecologiche. E bisognerà farlo in fretta, prima che la crescita inesorabile degli edifici



consumi il suolo miracolosamente rimasto o liberato dalla deindustrializzazione.

Come si è ben evidenziato in questa introduzione, la lezione appresa dall'esperienza degli ultimi due secoli è che il "mescolare" i flussi, quindi le acque nere, le grigie, le meteoriche, utilizzando un unico ricettore artificiale come una grossa fognatura centralizzata, per poi trovarsi a dover risolvere il problema degli impatti alla fine del tubo, è una strategia di "sanitation" assolutamente lontana da qualsiasi definizione di sostenibilità, almeno a livello ambientale ed economico, e quindi con ricadute importanti anche nel sociale. La soluzione, o meglio l'insieme di soluzioni, suggerite appunto dalla Sustainable Sanitation e dalla Sustainable Water Management (gestione sostenibile integrata delle ciclo delle acque), consistono nel pensare e nell'agire a monte, con un approccio diffuso sul territorio, spendendo energia per tenere i diversi flussi di cui sopra quanto più possibile separati, per poi poterne ottimizzare l'uso ed il riuso. Le tecniche con cui appunto si possono ottenere questi obiettivi sono enucleate nei successivi paragrafi; nei primi tre sono illustrate le migliori tecniche gestionali delle acque di pioggia drenate dalle aree urbanizzate, ritenendo questo punto, ovvero la gestione assolutamente separata delle acque meteoriche dai reflui civili ed industriali, come il più importante ed urgente, per poi andare oltre all'urgenza nel quarto paragrafo, dove si presentano le tecniche per il risparmio idrico, per la separazione nere/grigie, per la separazione delle urine, il riuso ed il recupero di nutrienti.



1. **Confronto fra gestione tradizionale e gestione sostenibile delle acque meteoriche**

I processi di urbanizzazione modificano profondamente il ciclo naturale dell'acqua a causa dell'aumento delle superfici impermeabili, diminuendo i fenomeni evapotrasporativi, l'infiltrazione superficiale e profonda e la ricarica delle falde acquifere e aumentando i volumi di acque di "run-off".

I sistemi tradizionali di gestione delle acque meteoriche in aree urbanizzate prevedono la raccolta di tutti i deflussi dalle superfici impermeabili, indipendentemente dal loro grado di inquinamento, e la loro immissione in fognature miste o separate.

Questo tipo di approccio causa delle profonde alterazioni del ciclo idrogeologico nelle aree interessate, provocando:

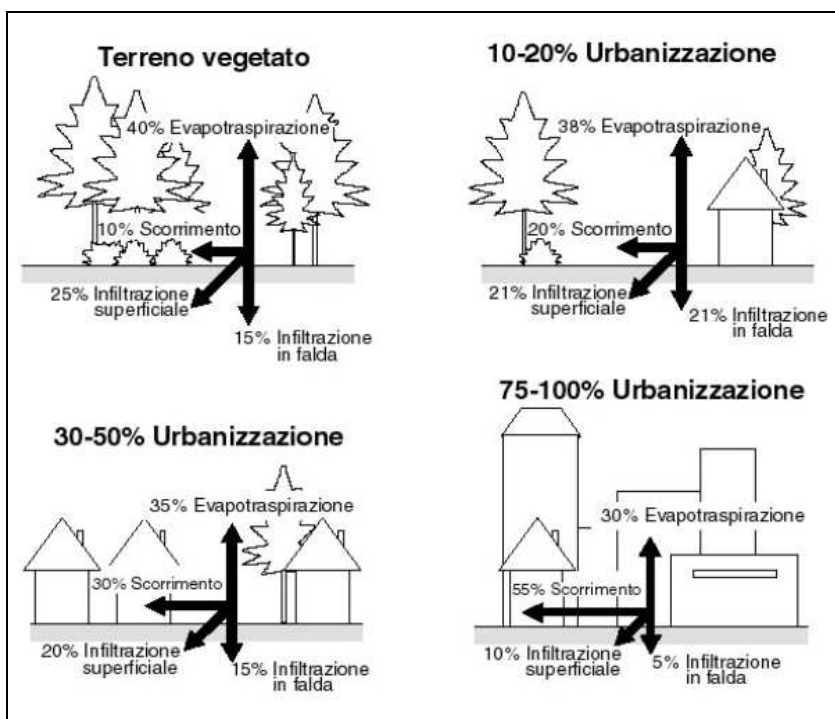
- impatti negativi sui corpi idrici recettori (portate molto elevate e di breve durata e carichi inquinanti notevoli derivanti da fonti diffuse);
- sovraccarico delle fognature con rischi di rigurgito e allagamenti;
- alterazioni del microclima.

Un approccio di tipo integrato nella gestione delle acque meteoriche dovrebbe prevedere invece la realizzazione di sistemi, perfettamente inseriti all'interno del tessuto urbano, che consentano:

- la riduzione dei volumi di run-off creando condizioni favorevoli all'infiltrazione nel terreno e contribuendo contemporaneamente alla ricarica della falda;
- la riduzione del carico inquinante veicolato dalle acque di pioggia;
- il recupero e riutilizzo delle acque meteoriche.



Queste tipologie di interventi rientrano fra le BMP, le migliori tecnologie disponibili per la gestione delle acque di drenaggio di superfici urbane. Mentre l'approccio di tipo convenzionale è finalizzato ad allontanare il più rapidamente possibile le acque meteoriche dai centri urbani, le BMPs mirano a trattare in loco tali acque, il più vicino possibile al punto di origine, con sistemi che possono diventare fruibili ed essere quindi sfruttati per molteplici scopi, compreso il miglioramento dell'ambiente urbano.



Confronto fra il ciclo dell'acqua in aree urbanizzate e non (Fonte: ENEA "Il ciclo dell'acqua nella pianificazione del territorio")

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

Confronto fra i metodi tradizionali di gestione delle acque meteoriche e le BMPs

2. Tecniche di gestione sostenibile delle acque meteoriche: le BMPs

I sistemi di gestione sostenibile delle acque di pioggia possono essere impiegati sia in aree già urbanizzate, dove possono contribuire al controllo dei volumi e al miglioramento della qualità delle acque di pioggia di dilavamento, sia nel caso di nuove urbanizzazioni, dove oltre a quanto detto precedentemente possono essere inseriti in modo da mitigare il più possibile le alterazioni del ciclo idrogeologico naturale e contribuire all'ottimizzazione della gestione del ciclo delle acque.

I benefici dell'applicazione in scala di tali interventi sono evidenti:

- miglioramento della qualità delle acque;
- diminuzione del rischio idraulico;



- smaltimento nell'ambiente superficiale (corpi idrici, suolo) di acque di buona qualità durante gli eventi meteorici intensi;
- integrazione con il design del verde della nuova urbanizzazione;
- realizzazione di fognature meno complesse, con risparmi sia in fase di realizzazione che di gestione.

I possibili interventi per la gestione sostenibile delle acque meteoriche possono essere così suddivisi:

- 1) Contenere i deflussi delle acque meteoriche;
- 2) Infiltrazione delle acque meteoriche;
- 3) Raccolta, trattamento e riutilizzo delle acque meteoriche;
- 4) Immissione in corpi idrici superficiali.

Livello	Descrizione	Tipologie di interventi sostenibili
Controllo delle fonti	Singoli edifici o lotti residenziali	Serbatoi di accumulo, trincee e strisce filtranti, pavimenti permeabili, tetti verdi
Controllo del trasporto	Trasporto delle acque di pioggia	Strisce filtranti e canali vegetati, aree di ritenzione on-line
Controllo del rilascio	Nel punto in cui l'acqua lascia la superficie impermeabile	Aree di ritenzione vegetate e bacini di infiltrazione, filtri a sabbia, stagni di accumulo, fitodepurazione

Livelli di controllo nell'idrologia urbana (Fonte: WSUD, Technical Guidelines for Western Sidney, modificato)

Ogni misura di BMPs non deve essere pensata come a sé stante ma come inserita all'interno di un sistema di gestione delle acque meteoriche, finalizzato al raggiungimento, nel suo complesso, del livello di trattamento desiderato. La filiera di trattamento ottimale dipende da diversi aspetti, fra cui:

- Il tipo di area urbanizzata e le specie inquinanti che possono generarsi;
- Il grado di depurazione desiderato;
- Caratteristiche del sito: pendenza, tipo di suolo, permeabilità del terreno, soggiacenza della falda;
- Considerazioni di carattere gestionale e di manutenzione.

I sistemi indicati possono essere comunque applicati praticamente in qualsiasi situazione, prendendo gli opportuni accorgimenti in fase progettuale; la scelta, il dimensionamento e l'applicabilità delle BMPs dipende da molti fattori legati alle caratteristiche proprie dell'area di intervento. Un fattore molto importante da considerare è legato ad esempio alle caratteristiche del terreno in termini di permeabilità e alla profondità della falda; in terreni con forte componente argillosa la componente di infiltrazione nel terreno sarà ovviamente ridotta; in casi invece di situazioni riconducibili al carsismo, di estrema vicinanza dalla falda superficiale o a punti di approvvigionamento idropotabile, dovrà essere considerata l'ipotesi di impermeabilizzare il fondo dei sistemi di trattamento.

In funzione del grado di depurazione, anche per le tecnologie di BMPs si può distinguere fra sistemi primari, secondari e terziari:

trattamento	Inquinanti rimossi	Tipiche BMPs
Primario	Materiali galleggianti Sedimenti grossolani Oli e grassi	Trappole per sedimenti Disoleatori Strisce filtranti - Canali inerbiti
Secondario	Particelle fini Inquinanti organici disciolti	Filtri a sabbia Aree di ritenzione vegetate Sistemi di filtrazione (canali, trincee, etc.)
Terziario	Nutrienti Metalli pesanti - Batteri	Wetland Pond

Classificazione delle BMPs (Fonte: WSUD, Technical Guidelines for Western Sidney, modificato)



Ad esempio, tipiche misure di gestione sostenibile delle acque di pioggia rispettivamente in un'area residenziale e in un'area commerciale sono:

area residenziale:

- Filtro e serbatoio di accumulo per il riutilizzo delle acque dei tetti;
- Pavimentazioni permeabili lungo le strade interne, i vialetti pedonali e i parcheggi;
- Aree di ritenzione vegetata per il trattamento delle acque dilavanti le superfici impermeabili e loro possibile riutilizzo;
- Trincee filtranti per l'infiltrazione del troppo pieno delle aree di ritenzione vegetata e del pavimento permeabile o in alternativa canali inerbiti per il recapito in pubblica fognatura.

Area commerciale:

- Le acque di dilavamento delle superfici pavimentate (parcheggi) possono essere trattate con canali vegetati, che sostituiranno le tradizionali canalette di scolo o le aiuole perimetrali e di divisione delle aree, e/o immerse in aree di ritenzione vegetata o trincee filtranti;
- le acque dei tetti possono essere trattate con filtri vegetati e recuperate per l'irrigazione delle aree a verde e delle siepi presenti.

Tipo di trattamento	Efficienza di rimozione %					
	TSS	TN	Batteri	Metalli		Idrocarb.
				Totali	Disciolti	
Fognature	10-30	/	/	5-10	10-20	0
Trincee filtr.	60-90	20-50	70-80	70-80	20-35	70-80
Canali veg.	75-90	30-50	60-70	40-60	15-25	60-70
Canali inerbiti	10-40	10-35	30-40	50-60	15-25	30-40
Strisce filtranti	50-60	20-30	30-40	40-50	10-20	30-40
Aree di rit. veg.	60-90	30-50	70-80	50-70	20-30	60-70
Stagni	70-80	30-40	70-80	50-60	10-20	40-50
Wetland	70-95	30-50	75-95	40-75	15-40	50-85

Performance di alcuni sistemi di BMPs (da Review of the Use of BMPs stormwater in Europe, Middlesex University, modificato)



Tipo di trattamento	Richiesta di manutenzione	Pregio ambientale ed estetico
Canali di scolo/ Fognature	Da bassa a moderata Ingenti investimenti nel caso debbano essere sostituiti	Nessuno
Trincee filtranti	moderata Rischio di intasamento	Si inseriscono senza problemi in ambiente urbano, ma non offrono nuovi habitat per flora e fauna
Canali filtranti vegetati	modesta Rischio di intasamento	Nel caso di sistemi asciutti si inseriscono bene in ambiente urbano e offrono un buon impatto visivo
Canali inerbiti	Più onerosa rispetto a sistemi di trasporto convenzionali	Buon impatto visivo In base alla scelta delle piante si possono ricreare habitat naturali
Strisce filtranti	Da modesta a elevata	Buon inserimento ambientale in ambito urbano
Aree di ritenzione vegetate	Modesta	Notevole pregio ambientale ed estetico
Stagni	Modesta	Notevole pregio ambientale, possibilità di ricreare un biotopo acquatico autosufficiente che può migliorare il microclima e può fungere da spazio vitale per flora e fauna autoctone
Wetland	Modesta	Contribuiscono alla riqualificazione ambientale e alla valorizzazione del paesaggio e ricreano habitat acquatici naturali

Performance di alcuni sistemi di BMPs (da Review of the Use of BMPs stormwater in Europe, Middlesex University, modificato)



3.1 Contenere i deflussi delle acque meteoriche

3.1.1. Pavimentazioni permeabili

Le pavimentazioni permeabili sono costituite da elementi modulari, come blocchi in cemento o stuoie di plastica rinforzata, caratterizzati dalla presenza di vuoti che vengono riempiti con materiale permeabile (sabbia o ghiaia), in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di runoff. Le pavimentazioni permeabili consentono, quindi, la riduzione della superficie impermeabile di un sito e di conseguenza del volume delle acque di dilavamento.



Le pavimentazioni permeabili sono particolarmente indicate per parcheggi, aree pedonali e ciclabili, viali residenziali.





Possono essere impiegate sia nel caso di nuove urbanizzazioni, che nel caso di interventi di ampliamento o manutenzione in sostituzione di vecchie pavimentazioni impermeabili.

L'applicabilità di questo tipo di copertura dipende dalla permeabilità del suolo di sottofondo, che deve avere un contenuto di argilla inferiore al 30%.

In commercio sono disponibili tipologie diverse di moduli, da blocchi e griglie in cemento a elementi in materiali plastici.

*Esempi di pavimentazioni permeabili
(Fonte: Georgia Stormwater
Management Manual)*



ESEMPI DI PAVIMENTAZIONI PERMEABILI	
Grigliati in calcestruzzo inerbity	
Sono blocchi in calcestruzzo con aperture a nido d'ape riempite con terreno organico e inerbite. La percentuale a verde supera il 40%. adatti per: parcheggi, strade d'accesso	
Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite	
La cubettatura viene realizzata con fughe larghe con l'ausilio di distanziatori. La percentuale a verde raggiunge il 35%. adatti per: parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, spiazzi, strade d'accesso, stradine	
Grigliati plastici inerbity	
Sono grigliati in materie plastiche riempiti con terreno organico e inerbity. La percentuale a verde supera il 90%. adatti per: parcheggi, strade d'accesso	
Masselli porosi	
La pavimentazione avviene con masselli porosi. Il riempimento delle fughe avviene con sabbia. adatti per: stradine, strade e piazzali poco trafficati, piazzali di mercato, parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, terrazze, strade d'accesso, stradine	



Aspetti manutentivi

Mensilmente:

- Controllo che la superficie del pavimento sia libera da sedimenti;
- Assicurarsi che il sistema si prosciughi fra due eventi consecutivi.

Se necessario:

- Controllare che la superficie drenata e la pavimentazione siano libere da detriti;
- Adeguata manutenzione nel caso di malfunzionamenti.

Annualmente:

- Ispezione per individuare eventuali danneggiamenti.

Ogni 3-4 anni:

- Pulizia del pavimento per aspirazione, per liberare la superficie dai sedimenti.

Possibili inconvenienti

In generale se i parcheggi sono utilizzati frequentemente e nelle fasce diurne, a causa della mancanza di luce e dell'irradiazione di calore dalla parte inferiore delle autovetture, non si riesce a mantenere il manto erboso. In questi casi si deve ricorrere all'utilizzo di ghiaia per il riempimento dei monoblocchi, facendo attenzione ad usare inerti con diametri di almeno 0.8-1 cm per evitare che la pressione delle auto, gli olii e le intemperie possano favorire una riduzione significativa della capacità di filtrazione.



3.1.2. Tetti verdi

I tetti “verdi” (*green rooftops*) sono delle installazioni, applicabili sia piccole abitazioni che a grandi complessi civili e industriali, che contribuiscono alla gestione delle acque di pioggia, riproducendo una varietà di processi idrologici associabili ai terreni naturali. Le piante catturano la pioggia, l’assorbono attraverso l’apparato radicale e favoriscono i processi di evapotraspirazione, riducendo così i volumi di runoff.



I tetti “verdi” si rivelano particolarmente efficaci nel caso di eventi intensi di breve durata; è stato dimostrato che, in climi

temperati, determinano un dimezzamento annuale dei volumi di dilavamento.

Un tetto “verde” è costituito, partendo dal basso da:

- Membrana impermeabile antiradice;
- Strato di materiale isolante;
- Sistema di drenaggio;
- Filtro geotessile;
- Terreno e piante.

I sistemi più semplici sono realizzati, al di sopra del filtro, con uno strato di terreno di spessore 5 -10 cm, piantumato con specie erbacee, in grado di sopportare periodi siccitosi (*sistemi estensivi*).



Esempi di tetti verdi

(da: <http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/greenroofs.ht>)

I *sistemi intensivi*, invece, sono realizzazioni più complesse con una vegetazione più variegata, dimensionati in modo da sopportare



anche eventuali attività umane. L'applicabilità di queste installazioni in edifici esistenti è legata alla tipologia di copertura e al carico massimo sopportabile dalla struttura

Tetto verde >	Intensivo	Estensivo
Profondità del terreno	Minimo 0.3 m	Da 2.5 cm a 12.5 cm
Vegetazione	Possono ospitare alberi, e arbusti	Copertura vegetale con erba e piante di piccole dimensioni
Carico	390 ÷ 730 kg/m ²	60 ÷ 250 kg/m ²
Accessibilità	fruibili	solo per la manutenzione
Manutenzione	Frequente	Annuale o semestrale

Confronto fra le due tipologie di tetti vegetati

I principali vantaggi dei tetti verdi sono:

- Riduzione e laminazione dei volumi di dilavamento;
- Miglioramento della qualità dell'aria per assorbimento della CO₂ e fissaggio delle polveri sottili da parte della vegetazione;
- Isolamento termico in inverno e rinfrescamento in estate;
- Aumento della vita utile del tetto, che viene protetto dai raggi ultravioletti e da sollecitazioni meccaniche;
- Mitigazione del microclima: queste coperture rilasciano gradualmente per evapo-traspirazione l'acqua accumulata, umidificando e rinfrescando l'aria circostante;
- Offrono un habitat adatto ad uccelli e altre piccole specie animali;
- Trattamento degli inquinanti contenuti nelle acque di pioggia;
- Mitigazione degli effetti delle piogge acide.

Aspetti manutentivi

Rimozione delle erbacce almeno due volte all'anno.
Ispezioni dello strato impermeabile.

3.2 Infiltrazione delle acque meteoriche

Nel caso in cui non sia possibile il recupero, si può ricorrere all'infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno: la progettazione degli impianti d'infiltrazione deve tener conto soprattutto della permeabilità del terreno presente, delle caratteristiche della falda e dell'eventuale inquinamento delle acque meteoriche. Di seguito si illustrano diverse tecniche di infiltrazione.

3.2.1. Trincea filtrante

Le trincee filtranti sono costituite da scavi riempiti con materiale ghiaioso e sabbia, realizzate con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di runoff (attraverso la superficie superiore della trincea) e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo (attraverso i lati e il fondo della trincea).

Le acque filtrate nella trincea si infiltrano nel terreno sottostante: la trincea viene dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo dalle 12 alle 24 h successive alla fine dell'evento di pioggia e quindi in funzione dei terreni esistenti nel sito di intervento. Una trincea filtrante non ha, quindi, solo la funzione di trattenere i volumi di runoff, ma contribuisce anche al mantenimento



del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee (l'efficienza depurativa del sistema deve essere tale da evitare rischi di contaminazione).





È buona regola prevedere a monte di una trincea filtrante un dispositivo in grado di effettuare il pre-trattamento delle acque di pioggia, quale ad esempio una trappola per sedimenti o una griglia, al fine di evitare che l'afflusso di sedimenti e materiale

grossolano causi l'intasamento della trincea.

Le trincee filtranti sono in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica. Sono particolarmente adatte in zone sia commerciali che residenziali a medio-alta densità, in cui l'area drenata sia inferiore a 2 ha e il tipo di suolo presente sia abbastanza permeabile da garantire una sufficiente velocità di infiltrazione. Tale soluzione è invece inadatta in terreni caratterizzati da carsismo, a meno di eseguire accurate indagini geologiche e geotecniche, così come in terreni fortemente argillosi.

Aspetti manutentivi

- Pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbata, minimo 1 volta l'anno;
- ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento del filtro;
- rimozione di sedimenti accumulati e oli/grassi dai pretrattamenti;
- asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando intasato.

Vantaggi

- discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- ricarica delle acque sotterranee;
- scarsa manutenzione.

Svantaggi

- bassa capacità di laminazione;
- possibilità di fuga delle sostanze oleose (a meno di non installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un disoleatore);
- possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un elevato trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia.



Trincea filtrante off-line applicata ad un parcheggio; (Fonte: Georgia Stormwater Management Manual)



3.2.2. Canale vegetato aperto

I canali vegetati aperti sono dei canali costruiti per intercettare e trattare le acque di scolo dell' area drenata. Questi sistemi vengono progettati con una limitata pendenza longitudinale (<4%), in modo che il flusso mantenga una velocità tale da consentire la sedimentazione dei solidi sospesi e da non provocare fenomeni erosivi.



Si può distinguere fra canali asciutti e canali umidi. I primi sono canali vegetati dotati di un letto filtrante, dimensionati in modo da permettere l'infiltrazione del volume di progetto. Poiché rimangono asciutti per lunghi periodi, sono preferibili per le zone

residenziali ai canali umidi (che invece possono essere usati per le acque di runoff di zone a carattere commerciale, inseriti ad esempio, in aree a verde). I secondi si comportano essenzialmente come un'area umida lineare e poco profonda, in cui vengono trattenute le acque di scolo. Possono però generare problemi per emissioni di odori molesti e presenza di zanzare.

Generalmente l'acqua giunge nel canale dopo essere stata pretrattata in un apposito bacino; le acque di scolo possono essere anche recapitate ai lati del canale per mezzo di trincee di ghiaia fine lungo la sommità delle pareti.

In un canale asciutto, l'acqua filtra attraverso il letto permeabile e viene raccolta da un sistema di drenaggio costituito da una strato di ghiaia e da un tubo forato. Il tempo massimo di detenzione è 48 h.

Un canale umido è invece generalmente a contatto con il livello freatico (se non ci sono controindicazioni legate all'inquinamento della falda) oppure realizzato in suoli scarsamente permeabili, quando la perdita per infiltrazione è molto limitata. Possono essere inserite briglie, per creare piccole aree umide che si comportano come stagni con acque poco profonde. Il bacino di pretrattamento, finalizzato alla rimozione della carica di TSS, deve essere dimensionato in modo da trattare un'altezza d'acqua 0.25 cm per m² di superficie drenata impermeabile.

Aspetti manutentivi

- Per i canali asciutti, l'altezza della copertura erbosa deve essere mantenuta fra 10 e 20 cm.
- Rimozione periodica dei sedimenti.
- Eventuale rinfoltimento della vegetazione.
- Controllo periodico (annualmente) dello strato di ghiaia e sua sostituzione se intasato.
- Per i canali asciutti, controllo periodico del letto per contrastare eventuali fenomeni erosivi.

Vantaggi

- elevata rimozione di TSS;
- combinano trattamento e trasporto delle acque di runoff.

Svantaggi

- rischio potenziale di risollevarimento dei sedimenti;
- possibilità di odori molesti e presenza di insetti (solo nel caso di canali umidi).



3.2.3. Canale filtrante

Normalmente adottati nell'ambito di aree urbanizzate, sono delle trincee in grado di contenere temporaneamente le acque di pioggia, che poi in parte infiltrano nel sottosuolo e in parte vengono convogliate verso l'uscita e fatte eventualmente affluire o alla fognatura pubblica o in un altro sistema di ritenzione o trattamento prima dello scarico in un corpo idrico.



Le acque di pioggia drenate vengono raccolte tramite canalette laterali e addotte ad un canale di raccolta delle acque meteoriche. Sul fondo di tale canale viene ricavata una trincea filtrante. Le acque filtrate nella trincea si infiltrano nel terreno sottostante. La trincea deve essere dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo entro 12 - 24 h la fine dell'evento di pioggia.

Le acque di seconda pioggia vengono smaltite dal canale una volta che, saturata la capacità di filtrazione della trincea, si instaura

una componente di moto orizzontale.

Nei punti di intersezione con il reticolo idrografico si deve prevedere una zona di uscita delle acque, che dovrà eventualmente contenere una zona ad acqua profonda per favorire la sedimentazione e rallentare il flusso, e un apposito manufatto manutentibile per la raccolta dei materiali solidi grossolani e la separazione degli oli e dei grassi.

Rappresentano una variante rispetto ai casi visti precedentemente, sono particolarmente adatti a strade e parcheggi; adottando

opportune sezioni di smaltimento possono permettere il collettamento delle acque verso il recettore finale anche senza allacciarsi alla fognatura.

Vantaggi

- compattezza dell'intervento;
- discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- ricarica delle acque sotterranee;
- scarsa manutenzione, ad eccezione delle strutture di controllo dei solidi grossolani alle confluenze con i corpi idrici.

Svantaggi

- bassa capacità di laminazione (a meno di non incrementare i volumi invasati nei canali e introdurre una bocca tarata alla confluenza con i corpi idrici);
- possibilità di fuga delle sostanze oleose (a meno di non installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un degrassatore, o di apposito manufatto per la raccolta dei materiali solidi grossolani e la separazione degli oli e dei grassi prima della confluenza con il corpo idrico recettore recettore);
- possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un alto trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia.



3.2.4. Aree di ritenzione vegetata

Una soluzione che assicura un livello di trattamento piuttosto elevato è costituita dall'impiego di **aree di ritenzione vegetate**.

Tali sistemi sono utilizzati per il drenaggio di superfici ridotte (< 2 ha) e possono essere facilmente inseriti all'interno del tessuto urbano. Tra le applicazioni più diffuse si annoverano l'inserimento lungo i margini delle carreggiate stradali, all'interno di parcheggi o soluzioni al servizio di singoli edifici (*rain garden*). Un'area di ritenzione vegetata è un'area a verde strutturata artificialmente al fine di raccogliere e trattare le acque meteoriche drenate da una superficie impermeabilizzata (es. piazzali, tetti, parcheggi).

Tipicamente questi sistemi sono costituiti da una fascia con copertura erbosa disposta tra la superficie drenata e la zona di ristagno, un'area avvallata vegetata, nella quale si ha il ristagno temporaneo delle acque meteoriche, un sistema di drenaggio, disposto sul fondo (a seconda delle condizioni idrogeologiche è possibile prevedere anche la sola dispersione nel sottosuolo, prevedendo solo un troppo pieno per gli eventi di pioggia più intensi).



Le acque di dilavamento sono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di ritenzione vegetata. La fascia con copertura erbosa effettua un'azione di filtraggio del materiale più grossolano e di rallentamento della velocità di deflusso. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un'ulteriore deposizione di materiale trasportato. Lo strato di materiale organico effettua una prima filtrazione delle acque meteoriche e favorisce la crescita di

microorganismi che provvedono ad una degradazione della materia organica trasportata. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo forniscono siti per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti.

Aspetti manutentivi

Pulizia e il taglio delle specie erbacee presenti nel canale filtrante e sulle sponde del canale vegetato minimo 1 volta l'anno e la pulizia dei canali drenanti.

Vantaggi

- elevata flessibilità;
- ottimo inserimento ambientale;
- discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- scarsa manutenzione;

Svantaggi

Richiede superfici piuttosto elevate (anche se poi tali superfici risultano fruibili e contribuiscono all'inserimento ambientale).



3.3 Sistemi di pretrattamento naturali

I sistemi precedentemente visti raggiungono livelli di funzionamento migliori e richiedono minore impegno manutentivo se preceduti da pre-trattamenti in grado di bloccare parte dei solidi trascinati dalle acque di dilavamento.

3.3.1. Strisce filtranti

Le fasce filtranti sono delle aree densamente vegetate con pendenza uniforme, progettate per trattenere e trattare le acque di scolo. La copertura vegetale rallenta la velocità dell'acqua e favorisce la rimozione di inquinanti e solidi. Attraverso l'infiltrazione su suoli permeabili, questi sistemi possono determinare una significativa riduzione dei volumi di runoff.

Sono possibili due varianti progettuali: la semplice fascia filtrante e una soluzione che comprende un rilevato permeabile situato al termine della striscia. Tale rilevato, aumentando il tempo di contatto con l'acqua, consente una riduzione della lunghezza complessiva della striscia filtrante.

Si tratta tipicamente di misure on-line, che devono quindi essere progettate in modo da prevenirne l'erosione per qualsiasi evento di pioggia.

La capacità di rimozione degli inquinanti è molto variabile e dipende in primo luogo dalla densità della vegetazione e dai tempi di contatto. Questa tipologia di trattamento comunque deve essere impiegata solo nel caso di piccole superfici drenate o in abbinamento con altre tecniche, ad esempio come pretrattamento ad esempio per aree di ritenzione vegetata o trincee filtranti.





Esempio di applicazione di fascia filtrante

Aspetti manutentivi

- Taglio dell'erba periodico;
- ispezione della vegetazione per evitare la formazione di vie di scorrimento preferenziali.

Vantaggi

- Favoriscono la ricarica delle falde sotterranee;
- contenuti costi di costruzione.

Svantaggi

- Richiedono ampi spazi;
- generalmente possono essere impiegati solo come pretrattamento.



3.3.2. Canale inerbito

I canali inerbiti differiscono dai canali filtranti per la mancanza dello strato filtrante di terreno e sono, di conseguenza, caratterizzati da una minore capacità di rimozione degli inquinanti, anche se risultano efficaci nel rimuovere sedimenti grossolani e medi grazie all'azione di filtraggio esercitata dalla vegetazione.

Questi sistemi permettono di ridurre la presenza di superfici impermeabili e contribuiscono alla rinaturalizzazione del contesto in cui vengono inseriti. L'impiego dei canali vegetati contribuisce a ridurre il volume delle acque di dilavamento consentendo l'infiltrazione di parte delle acque raccolte nel sottosuolo e ad esercitare anche un effetto di laminazione riducendo la velocità dell'acqua.

Per migliorare la qualità dell'acqua, questi canali devono essere progettati con un fondo ampio, modesta pendenza longitudinale e possono prevedere anche l'inserimento di vegetazione (canali vegetati). Possono essere impiegati al posto delle tradizionali fognature di raccolta o cunette ad esempio lungo le strade; le superfici drenate devono essere inferiori a 2 ha.

Aspetti manutentivi

- Taglio dell'erba;
- rimozione dei sedimenti;
- ispezione delle sponde e del letto per individuare eventuali processi erosivi;
- ripulitura del canale da rifiuti e detriti depositatesi.
- Possono ridurre i volumi di runoff attraverso l'infiltrazione su suoli permeabili.



Svantaggi

- Rischio di risospensione ed erosione;
- nelle zone residenziali, possono creare problemi a causa dell'acqua stagnante.



Esempio di canale inerbito



Esempio di canale vegetato in Nevada (U.S.)



3.4 Raccolta, trattamento e riutilizzo delle acque meteoriche

Le acque meteoriche rappresentano una fonte rinnovabile e locale e richiedono trattamenti semplici ed economici per un loro utilizzo per applicazioni che richiedono acque di minor pregio. In generale, gli impieghi che si prestano al riutilizzo delle acque meteoriche riguardano usi esterni, come:

- l'irrigazione di aree a verde, prati, giardini, orti;
- il lavaggio di aree pavimentate (strade, piazzali, parcheggi);
- il lavaggio di autovetture;
- usi tecnologici (ad esempio acque di raffreddamento);
- alimentazione di vasche antincendio.

e usi interni agli organismi edilizi, come:

- l'alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC;
- l'alimentazione di lavatrici;
- usi tecnologici relativi, come ad esempio sistemi di climatizzazione passiva/attiva.

Da un punto di vista impiantistico un intervento di recupero di acque meteoriche è costituito da una rete di raccolta, adduzione e successiva distribuzione delle acque recuperate, da un sistema di trattamento adeguato delle acque raccolte, da un serbatoio di accumulo e infine da un sistema di pompaggio per il riuso.

Le acque meteoriche richiedono un trattamento adeguato che dipende prevalentemente dalla destinazione d'uso del loro riutilizzo, in funzione del quale vengono definiti gli obiettivi depurativi, ma anche dalla durata del periodo di tempo secco antecedente all'evento piovoso: è proprio durante tale periodo, infatti, che si verifica il deposito di materiali solidi e di inquinanti sulle superfici impermeabilizzate che vengono dilavate dalle acque meteoriche.



3.4.1. Acque meteoriche dei tetti

Nei casi più comuni per il trattamento delle acque meteoriche dei tetti



è sufficiente un'efficace azione di filtrazione: al filtro viene principalmente richiesto di trattenere il materiale che, sedimentando nel serbatoio, porterebbe ad un deterioramento della qualità dell'acqua e al rischio di intasamento delle condotte e del sistema di pompaggio.

Schema di impianto di recupero delle acque meteoriche a servizio di una abitazione (fonte Kessel)

Un impianto per il riutilizzo dell'acqua meteorica proveniente dai tetti è costituito essenzialmente dai seguenti elementi:

- Sistema di raccolta: composto da superficie di raccolta, converse, canali di gronda, bocchettoni, pluviali, pozzetti di drenaggio, caditoie, tubazioni di raccordo;
- Filtro;
- Serbatoio di accumulo con scarico di troppo pieno;
- Pompa;
- Sistema di distribuzione (dotato di sistema di reintegro con acqua potabile).

Per il dimensionamento del sistema, è necessario scegliere il grado di copertura desiderato; si può distinguere fra 3 livelli di servizio:

- Intermittente: questa tipologia di utilizzo si concentra nello stesso periodo in cui si verifica la maggior piovosità, mentre durante la stagione asciutta si fa ricorso a fonti alternative;



- Parziale: il sistema deve coprire durante l'intero arco dell'anno una certa percentuale dei fabbisogni dell'utente;
- Completo: le acque meteoriche devono soddisfare tutti i fabbisogni dell'utente per l'intero anno.

Il volume di acqua necessario dipende quindi dalla tipologia di utilizzo e dagli impieghi delle acque recuperate (irrigazione, cassette di risciacquo dei WC, elettrodomestici, etc.).

Una stima dei volumi recuperabili può essere fatta considerando la superficie dei tetti e il valore di pioggia medio annuo.

Per il dimensionamento del serbatoio possono essere utilizzati diversi metodi, mutuati da Linee Guida tedesche (Normativa DIN 1989) o austriache (Guidance on use of rainwater tanks); in generale la via più corretta è effettuare dei bilanci idrici su scala mensile stimando gli ingressi (le acque di pioggia raccolte) e le uscite (quindi i fabbisogni di acque meno pregiate, eventuali perdite per evaporazione, evapotraspirazione, ecc)

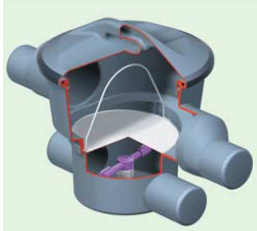
Il filtro

Il filtro separa le particelle sospese dall'acqua meteorica. Esistono in commercio numerosi dispositivi, da installare direttamente a monte dell'accumulo (sui pluviali, fuori terra, interrati, integrati al serbatoio), grazie ai quali è possibile intercettare i materiali solidi depositatisi sulle superfici di raccolta durante il periodo secco. Dispositivi di questo genere vanno dalle semplici griglie per il trattenimento del fogliame da installare sulle calate a sistemi di filtrazione autopulenti posti in pozzetti interrati, in grado di intercettare la maggior parte dei solidi contenuti nelle acque di pioggia. L'efficienza di recupero di questi dispositivi è generalmente intorno al 70-80%, poiché parte delle acque di pioggia viene separata, utilizzata per l'autopulizia dei filtri e smaltita in fognatura.



<p>Filtro nel pluviale</p> 	<p>E' costituito in genere da una griglia metallica (con fori di diametro inferiore anche ai 2 decimi di millimetro) sagomata a tronco di cono, rastremata verso il basso e capace di trattenere residui di vario genere (muschi, licheni, foglie, sabbie, polveri, ecc.).</p> <p>La porzione d'acqua che penetra attraverso il filtro viene deviata esternamente al pluviale e inviata allo stoccaggio (di solito costituito da serbatoi fuori terra collocati al piede degli stessi pluviali), mentre i residui intercettati e dilavati dalla rimanente acqua vengono convogliati verso il sistema di smaltimento.</p>
<p>Filtro centrifugo</p> 	<p>Dispositivo generalmente interrato composto da una camera filtrante accessibile mediante un'apertura superiore dotata di coperchio. Viene sfruttato il principio della velocità d'ingresso dell'acqua immessa tangenzialmente. Gli eventuali corpi sospesi vengono intercettati da una griglia con maglie di 0,2 mm di apertura.</p>
<p>Filtro autopulente (fonte: Kessel)</p>	<p>L'azione di filtraggio è esercitata da una maglia a rete che permette il passaggio dell'acqua pulita nella sezione sottostante. In occasione di eventi meteorici intensi tutte</p>





le acque non riescono a filtrare attraverso la maglia, per cui le acque di seconda pioggia vengono smaltite da una seconda tubazione in linea con quella di entrata, dilavando al tempo stesso la maglia filtrante.

Questi filtri richiedono in realtà una pulitura della maglia frequente dopo gli eventi meteorici meno intensi, in quanto la rete tende ad ostruirsi diminuendo i volumi recuperati. Sono però disponibili anche unità con contro lavaggio che permettono la pulitura automatica della cartuccia filtrante,

L'acqua in eccesso in arrivo al serbatoio può essere smaltita collegando la tubazione di troppo pieno a sistemi di infiltrazione come ad esempio trincee filtranti o aree di ritenzione vegetata. Quando queste soluzioni non siano attuabili, lo scarico di troppo pieno può essere collegato alla fognatura mista o alla fognatura delle acque meteoriche. Il troppo pieno collegato alla fognatura deve essere provvisto di un sifone affinché i gas fognari non risalgano al serbatoio. Per escludere il ritorno d'acqua dalla fognatura piovana o mista deve essere installata una valvola di non ritorno a seconda della quota del troppo pieno.

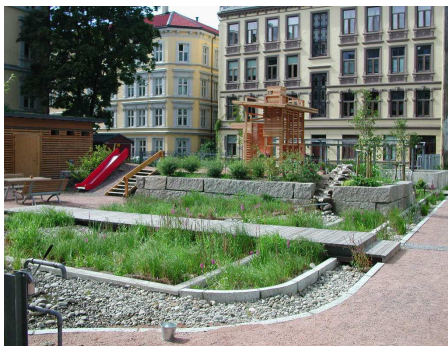
Aspetti manutentivi

Il sistema non richiede nel complesso particolare manutenzione, anche se nel caso non si siano installati filtri centrifughi ma filtri con cestello o maglie filtranti è consigliabile la pulizia del cestello dopo eventi meteorici intensi. Per il resto si consiglia una volta all'anno di controllare la funzionalità del sistema, dalle opere di raccolta ai sistemi di distribuzione, le apparecchiature elettromeccaniche, la

qualità dell'acqua all'interno del serbatoio. Ogni 5-10 anni è necessario effettuare la pulizia del serbatoio.

Sistemi naturali di filtrazione

Nel caso in cui si renda necessario un trattamento più spinto delle acque meteoriche dei tetti (ad esempio in zone densamente



urbanizzate con elevato inquinamento atmosferico), si può far ricorso a tecniche naturali come i **sistemi di filtrazione vegetati**.

Questa soluzione consente il recupero di tutte le acque meteoriche dei tetti (non sono cioè previsti scarichi in fognatura pubblica) ed assicura un livello di

trattamento molto elevato. In tali sistemi infatti si prevede la

percolazione delle acque meteoriche all'interno di un mezzo filtrante (sabbia e ghiaia), piantumato con appropriate essenze vegetali (ad esempio macrofite acquatiche come *Eupatorium cannabinum*, *Iris Pseudacorus*, *Lythrum Salicaria*): i meccanismi



depurativi che avvengono al suo interno sono sia di tipo meccanico (filtrazione) che biologici (del tutto simili a quelli che avvengono in un sistema di fitodepurazione). Il sistema viene dimensionato per assicurare la percolazione del volume di prima pioggia; può essere realizzata sia un'unica vasca



che più vasche di dimensioni più piccole, sia interrate che fuori terra (in quest'ultimo caso può richiedere però un sistema di pompaggio).

La forma, le modalità realizzative, i materiali impiegati per il supporto e le essenze vegetali da inserire possono essere scelti di volta in volta, di modo che il sistema nella sua configurazione finale, oltre a svolgere la sua funzione impiantistica, possa essere considerato come elemento di arredo di piazze o corti interne.



3.4.2. Acque meteoriche provenienti da altre superfici

Le acque meteoriche provenienti dalle superfici impermeabilizzate, come ad esempio piazzali o parcheggi, e quindi caratterizzate da concentrazioni e tipologie di inquinanti diverse da quelle dei tetti, possono essere trattate tramite un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso sub-superficiale o in alternativa, in mancanza di superfici disponibili con filtri a sabbia sotterranei.

3.4.2.1. Sistemi a flusso sommerso subsuperficiale (SFS-h)

Le aree umide a flusso sommerso sono costituite da vasche impermeabilizzate, riempite con materiale ghiaioso, all'interno del quale vengono fatte sviluppare le radici delle macrofite emergenti.

Le celle sono progettate in modo da mantenere il flusso d'acqua costantemente al di sotto della superficie; in tal modo si crea un ambiente prevalentemente anossico, ricco tuttavia di micrositi aerobici sulle radici delle piante.

Sulla superficie del materiale di riempimento e sull'apparato radicale delle macrofite, si sviluppa un'ampia e diversificata popolazione microbica, grazie all'alternanza di zone aerobiche, anossiche e anaerobiche. In queste condizioni, si ottiene la scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

Durante il passaggio dei reflui, attraverso la vasca, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, il fosforo ed i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento. I contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla



parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo.

I sistemi a flusso subsuperficiale sono costituiti da:

- un sistema di pretrattamento per la rimozione dei sedimenti;
- un sistema di alimentazione dotato di pozzetto d'ingresso;
- una vasca impermeabilizzata riempita con materiale ghiaioso;
- un sistema di uscita realizzato con una tubazione drenante collegata ad un pozzetto, in cui è alloggiato un dispositivo che garantisce la regolazione del livello idrico all'interno del sistema.



Esempio di area umida a flusso sommerso

Possono essere utilizzati per il trattamento di acque di scolo di aree urbanizzate e industrializzate, con elevate superfici impermeabili: parcheggi, strade, stazioni di rifornimento, aeroporti, aree di carico/scarico merci .

Vantaggi

- Elevata capacità di rimozione degli inquinanti;
- miglioramento paesaggistico e riqualificazione ambientale;
- miglior protezione termica delle acque da trattare durante i periodi invernali.

Svantaggi

- necessità di un flusso minimo per il mantenimento vitale del sistema (soprattutto l'estate le perdite per evapotraspirazione possono ridurre di molto i volumi potenzialmente recuperabili)



Sistema SFS-h per il trattamento delle acque meteoriche di tetti e piazzali del Centro per l'educazione ambientale di Rispecchia (GR)



3.4.2.2. Filtri a sabbia sotterranei

Questi sistemi risultano applicabili in aree densamente urbanizzate, dove manchi lo spazio per altre tecniche di trattamento. Possono essere inseriti lungo il margine di una superficie impermeabile, come ad esempio un parcheggio.

Si tratta di filtri a sabbia a tre camere; la prima camera assolve la funzione di pretrattamento per la rimozione dei sedimenti; in essa è presente un livello d'acqua permanente. Tra la camera di sedimentazione e quella di filtrazione viene inserito un diaframma per proteggere il filtro da oli e altri materiali di rifiuto. Il letto filtrante ha una profondità variabile tra 45 e 60 cm; per limitarne l'intasamento è opportuno prevedere uno strato protettivo di ghiaia o di materiale geotessile permeabile. Questa camera è dotata di accessi per la manutenzione e di un sistema di tubazioni di drenaggio, che raccoglie le acque filtrate. I volumi superiori a quelli di progetto del filtro vengono deviati nella camera di overflow. Poiché si tratta di una struttura sotterranea, devono essere effettuate frequenti ispezioni e manutenzione.

L'applicazione di questi sistemi è sconsigliata in zone in cui le acque di scolo contengano un elevato tenore di sedimenti; la superficie massima drenata deve essere inferiore a 2 ha, con un'area impermeabile minore di 0,5 ha.



Esempio di filtro a sabbia sotterraneo

Aspetti manutentivi

- Monitoraggio del livello idrico;
- pulizia della camera di sedimentazione, quando l'altezza dei sedimenti supera i 30 cm.
- rimozione degli oli e delle sostanze flottanti.
- manutenzione del letto filtrante quando intasato.

Vantaggi

- Inseribili in contesti in cui vi sia mancanza di spazi liberi superficiali;
- elevata capacità di rimozione degli inquinanti;

Svantaggi

- Richiedono un'elevata manutenzione, altrimenti è frequente il rischio di intasamenti;
- possono generare cattivi odori.



3.4.3. Pretrattamenti per acque meteoriche derivanti da altre superfici

Si riportano di seguito alcuni esempi di pre-trattamenti da utilizzare a monte di sistemi di trattamento e recupero acque meteoriche,

3.4.3.1. Separatore olii/grassi

I separatori a gravità sono progettati per rimuovere per sedimentazione dalle acque meteoriche sabbie, sedimenti pesanti, oli e grassi, materiale flottante.

Generalmente sono impiegati come pretrattamento in aree densamente urbanizzate con spazi limitati a disposizione, come ad esempio aree di sosta, stazioni di rifornimento o comunque luoghi caratterizzati da un'elevata presenza di veicoli. L'area drenata deve essere inferiore a 2 ha.

Il separatore è un manufatto in cemento armato contenente un livello d'acqua permanente ed è costituito tipicamente da una camera d'ingresso, da una di accumulo, da una camera di by-pass e da un accesso per consentire le operazioni di manutenzione.

Nella prima camera vengono rimossi i sedimenti più pesanti. Il flusso passa, quindi, per gravità nel comparto di separazione e accumulo, dove si verifica un ulteriore processo di sedimentazione dei solidi sospesi e la rimozione di oli e grassi, che vengono stoccati in una zona dedicata. L'acqua chiarificata raggiunge infine la camera di uscita e viene scaricata.

Il funzionamento di questi disoleatori si basa sul differente peso specifico dei composti oleosi rispetto all'acqua e non consente la rimozione di altri inquinanti come solventi o detersivi.



La disoleazione viene normalmente ottenuta riducendo la velocità dell'influente e predisponendo una zona di calma nella quale le sostanze presenti, caratterizzate da un peso specifico minore di quello dell'acqua, risalgono per galleggiamento. Il funzionamento dei disoleatori può essere quindi ricondotto ai principi della sedimentazione a gravità: questi si comportano, infatti, come vasche di sedimentazione nelle quali le particelle oleose anziché sedimentare sul fondo, flottano in superficie.

In alcuni casi possono essere previsti anche degrassatori con filtri a coalescenza, capaci di rimuovere maggiormente i solidi con minore volume utile richiesto.

Nella camera di separazione sono presenti tre distinti volumi di accumulo:

- un volume per l'accumulo degli oli, nella parte superiore;
- un volume per l'accumulo dei solidi sedimentati sul fondo;
- una parte dimensionata per ottenere un tempo di detenzione adeguato.

Vantaggi

- salvaguardia dei trattamenti successivi;
- essendo sotto la superficie del terreno, non danno luogo a problemi di inserimento paesaggistico e i rischi legati alla sicurezza pubblica sono bassi;
- facilità di accesso per la manutenzione;
- semplicità di realizzazione e installazione

Svantaggi

- bassa rimozione degli inquinanti (devono essere considerati semplici pre-trattamenti delle acque di prima pioggia);
- non effettuano laminazione delle punte idrauliche;



- necessitano di frequente manutenzione, per evitare risospensione e trasporto dei sedimenti accumulati in occasione di eventi di precipitazione intensa;
- richiedono periodiche operazioni di smaltimento dei sedimenti, degli oli e dei grassi trattenuti;
- non rimuovono oli disciolti o emulsionati come refrigeranti, lubrificanti solubili, glicoli e alcool;
- non adatti per aree drenate particolarmente grandi.

Aspetti manutentivi

- Devono essere garantiti adeguati accessi per l'ispezione e la pulizia delle tre camere;
- se necessaria rimozione manuale dei materiali depositi;
- ispezioni e pulizie degli ingressi in occasione di ogni evento piovoso significativo;
- rimozione periodica dei materiali accumulati (sedimenti, oli e grassi) e smaltimento appropriato.

3.4.3.2. Sistema di grigliatura indiretta

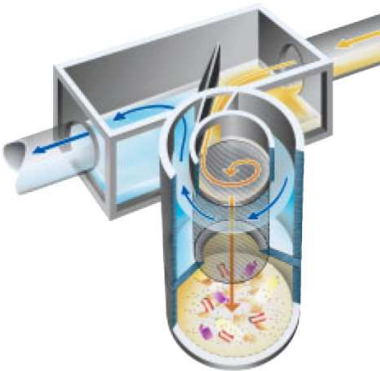
Si tratta di un sistema di trattamento delle acque meteoriche, che controlla il flusso idraulico consentendo al contempo la separazione dei solidi trasportati. Il sistema viene installato sulle condotte di adduzione delle acque meteoriche. Questa tecnologia si differenzia dalla grigliatura tradizionale poiché l'afflusso non è diretto sul corpo grigliante, ma è mantenuto in movimento tangenzialmente allo stesso. Ciò produce una continua circolazione del fluido lungo la parete grigliante, impedendo così ai solidi di creare alcun tipo di ostruzione. Tale sistema presenta numerosi vantaggi rispetto ad una grigliatura di tipo tradizionale in quanto riduce i rischi di intasamento, mantiene una elevata efficienza sia per piccole che grandi portate e controlla il flusso idraulico, consentendo al tempo stesso una separazione naturale dell'acqua dai solidi trasportati.



L'unità di trattamento è costituita da un separatore cilindrico e da una camera di diversione. All'interno del cilindro è inserito un cestello circolare in rete, all'interno del quale è introdotto l'affluente.

Quando le acque da trattare fluiscono entro la camera di separazione, si genera un moto circolare del fluido che viene forzato ad attraversare la griglia cilindrica, mentre i solidi, soggetti a movimento a spirale, si raccolgono verso il centro della camera. Il movimento vorticoso dell'acqua viene regolato in modo tale che il

flusso tangenziale intorno alla camera risulti maggiore dell'azione radiale che tende a spingere i solidi verso l'esterno. In tal modo viene minimizzato l'accumulo di solidi sulla griglia; questi sedimentano entro la camera centrale inferiore, da dove possono essere successivamente rimossi. Il materiale flottante rimane invece intrappolato nella camera di separazione fino a quando non cessa il flusso idraulico.



Schema di funzionamento del sistema di grigliatura indiretta

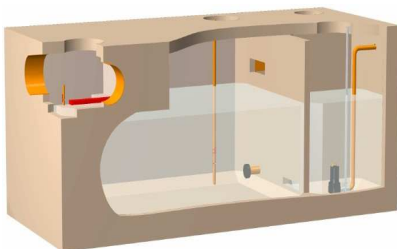
Aspetti manutentivi

La pulizia e rimozione dei materiali separati deve essere effettuata periodicamente a seconda delle precipitazioni occorse e delle dimensioni della camera di raccolta centrale; la rimozione dei solidi avviene mediante estrazione del cestello rimovibile o auto spurgo;



3.4.3.3. Vasche di prima pioggia

Le vasche di prima pioggia più che un sistema di trattamento vero e proprio delle acque meteoriche costituiscono un comparto di accumulo e pre-trattamento della frazione più inquinata delle acque di pioggia, con la possibilità alla fine dell'evento di inviarle verso trattamenti successivi oppure in fognatura nera o mista (se la potenzialità del depuratore a valle lo consente). All'interno delle vasche, le acque meteoriche subiscono per lo più un processo di sedimentazione dei solidi sospesi.



Le vasche di prima pioggia sono realizzate mediante serbatoi interrati in cemento armato e sono idonee a il volume di acque meteoriche corrispondente alle acque di prima pioggia, con

possibilità di svuotamento differito nella rete di fognatura o di invio al trattamento successivo mediante sistema di pompaggio incorporato.

Tali manufatti devono rispettare le seguenti prescrizioni minime:

- capacità di accumulo fino al volume calcolato per le acque di prima pioggia;
- sfioro continuo e indisturbato delle acque di seconda pioggia che possono essere direttamente inviate al corpo ricettore;
- svuotamento in fognatura entro 48 - 72 ore dalla fine della precipitazione, mediante pompaggio o a gravità, oppure invio al trattamento e successivamente al corpo idrico ricettore.

Nel caso di manufatti in c.a., all'ingresso della vasca una particolare valvola o paratoia ha il compito di impedire, una volta stoccate le acque di prima pioggia, l'immissione di ulteriori portate, così da evitare il mescolamento tra di esse.

E' necessario realizzare un pozzetto selezionatore, a monte della vasca di accumulo, che abbia la funzione di convogliare le acque di prima pioggia nella vasca di accumulo e, in seguito, le rimanenti direttamente nel recapito finale. Dopo un certo tempo dalla fine dell'evento meteorico, le acque di prima pioggia sono rilanciate, con portata controllata e utilizzando elettropompe sommerse, alla fognatura o alla sezione di trattamento.

Vantaggi

- possibilità di installazione interrata;
- facilità di accesso per la manutenzione;
- semplicità di realizzazione e installazione

Svantaggi

- bassa rimozione degli inquinanti (devono essere considerati semplici pre-trattamenti delle acque di prima pioggia);
- non effettuano laminazione delle punte idrauliche;
- richiedono periodiche operazioni di smaltimento dei sedimenti
- intervenendo diffusamente con vasche di prima pioggia e pompando in fognatura si rischia di dover rivedere le potenzialità dei depuratori consortili

Aspetti manutentivi

- Devono essere garantiti adeguati accessi per l'ispezione e la pulizia;
- ispezioni e pulizie degli ingressi in occasione di ogni evento piovoso significativo (a meno di non aver installato dispositivi per la pulizia automatica, da prevedersi per le vasche più grandi);
- rimozione periodica dei materiali accumulati (sedimenti, materiale grossolano) e smaltimento appropriato
- manutenzione delle componenti elettromeccaniche installate



3.5 Immissione in corpi idrici superficiali

Nel caso in cui non sia possibile riutilizzare le acque meteoriche o infiltrarle nel terreno, o nei casi in cui si ha una fognatura esistente che raccoglie le acque meteoriche separate dalle acque reflue (*fognatura separata*), si ha generalmente uno scarico nel reticolo idrografico superficiale. I fenomeni di inquinamento delle acque meteoriche di dilavamento di superfici urbane sono ben conosciuti e riportati in numerosi testi scientifici. Gli inquinanti che si accumulano sulle strade, i tetti ed i piazzali vengono mobilizzati e trasportati nei sistemi di raccolta delle acque e scaricati infine nei canali, rendendo le acque meteoriche di dilavamento una delle principali cause di inquinamento diffuso.



Le problematiche legate al trattamento della frazione più inquinata delle acque meteoriche, le cosiddette acque di prima pioggia, possono presentare aspetti diversi in relazione alla tipologia del bacino di raccolta e alle attività antropiche svolte sull'area in esame. In particolare, specifici insediamenti

produttivi, infrastrutture e servizi turistico/commerciali presenti sul territorio possono essere caratterizzati da acque di dilavamento con proprietà tali da richiedere il trattamento anche delle acque successive a quelle di prima pioggia (acque di seconda pioggia).

Internazionalmente il criterio adottato per il trattamento delle acque meteoriche è del tipo “multi-obiettivo”, in quanto tende ad individuare più finalità che vanno dal garantire caratteristiche qualitative dell'acqua, al controllo dei fenomeni di erosione a valle nel reticolo

idrografico recettore e nei canali di raccolta, fino alla riduzione del rischio idraulico.

Le zone umide applicate per il trattamento delle acque di *run-off* sono normalmente costituite da sistemi seminaturali a flusso libero superficiale, e più raramente a flusso subsuperficiale orizzontale e/o verticale, con elevati tempi di ritenzione in virtù di una alimentazione discontinua legata all'accadimento di eventi di pioggia.

Rese di abbattimento superiori al 95% per BOD, COD, TSS, metalli pesanti sono ottenibili con un trattamento in serie delle acque meteoriche comprendente uno stadio primario per la rimozione della componente solida sedimentabile e di oli e grassi, uno stadio secondario per la degradazione biologica, l'adsorbimento delle sostanze organiche ed il consumo di nutrienti (azoto e fosforo), ed infine uno stadio terziario per l'affinamento e la disinfezione della componente microbiologica.



Generalmente gli stadi primari e secondari per il trattamento di acque meteoriche di dilavamento possono essere unificati con l'utilizzo di sistemi di filtrazione, come ad esempio trincee drenanti, bacini d'infiltrazione, fasce inerbite e drenate, etc., mentre il trattamento terziario viene spesso

affidato a sistemi di accumulo in cui si agevolano con un opportuno design tutti i processi di autodepurazione comunemente presenti nei corpi idrici naturali.



3.5.1. Sistemi di filtrazione estensivi per acque meteoriche

Tale sistema consiste in un bacino di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale-verticale, dimensionato considerando il volume utile di accumulo pari al volume di acque di prima pioggia.

Il bacino viene realizzato in scavo, con il fondo “a dorso d’asino”, per favorire l’instaurarsi di un moto orizzontale, riempito di ghiaia di varie granulometrie e alimentato generalmente su un lato. In condizioni di tempo secco il bacino si mantiene completamente vuoto; con l’inizio dell’evento di pioggia comincia a riempirsi e si instaurano componenti di moto orizzontali e verticali. All’aumentare della portata si ottiene un progressivo invasamento del letto e l’instaurarsi di scorrimento superficiale. Tale sistema può quindi ragionevolmente essere considerato come un sistema ibrido che comprende le tre principali tipologie di fitodepurazione (*flusso sommerso orizzontale, verticale e flusso libero*). Sul supporto di ghiaia viene effettuata una piantagione di macrofite radicate emergenti il cui apparato radicale, oltre a favorire lo sviluppo di popolazioni batteriche aerobiche come biofilm adeso sul materiale inerte e sui rizomi stessi, permette il mantenimento di un’ottimale permeabilità dello strato di inerti anche nel lungo periodo, grazie al continuo movimento delle radici stesse al suo interno (minimizzazione della possibilità di formazione di cortocircuiti idraulici).

In caso di eventi meteorologici intensi, una volta saturata la capacità di filtrazione del medium di riempimento, il letto si allaga e funziona come un sistema a flusso libero; in tal caso lo smaltimento delle acque avviene tramite una canaletta in calcestruzzo chiusa superiormente e interrata. Le tubazioni e la canaletta di uscita sono raccordate ad un pozzetto di raccolta finale di adeguate dimensioni, da cui parte una tubazione per lo scarico finale. Oltre a trattare le acque di prima pioggia, il sistema può consentire una moderata laminazione dell’evento di pioggia: la tubazione di uscita e la capacità di filtrazione della ghiaia hanno l’effetto di una bocca tarata,



permettendo di fissare le portate di restituzione fino all'entrata in funzione della canaletta di troppo pieno.

Manutenzione

- Rimozione periodica dei solidi grossolani e degli olii intrappolati dall'apposito manufatto di alimentazione;
- decespugliamento delle essenze alla base con rimozione della biomassa dalla superficie del canale vegetato, con attrezzatura meccanica e manuale: 1 volta ogni 2 anni;
- pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulle sponde: minimo 1 volta l'anno

Vantaggi

- compattezza dell'intervento;
- buone rese depurative;
- scarsa manutenzione

Svantaggi

- bassa capacità di laminazione (a meno di non incrementare il volumi invasato aumentando la sponda libera: in ogni caso velocità di scorrimento troppo elevate potrebbero danneggiare le essenze vegetali);
- possibilità di fuga delle sostanze oleose in caso di eventi piovosi particolarmente intensi (a meno di non installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un degrassatore)





Sistema di filtrazione per acque meteoriche (Rustige et al, 2000)

3.5.2. Sistemi estensivi a flusso libero

Un sistema estensivo a flusso libero (*constructed wetlands*) è un sistema di fitodepurazione a flusso libero superficiale, finalizzato al trattamento delle acque di pioggia urbane e al controllo dei volumi di runoff. Il sistema è costituito da un bacino in cui vengono riprodotti gli habitat caratteristici di un'area umida e in cui si possono riconoscere varie zone caratterizzate da diverse profondità e da diversi regimi idraulici, in modo da favorire l'attecchimento di diverse essenze vegetali acquatiche e il naturale sviluppo di una biodiversità che consenta di ottenere le migliori rese depurative. Questi sistemi richiedono il mantenimento di una portata minima di base tale da garantire il sostentamento della vita acquatica.

Sono indicati per il trattamento di acque di pioggia urbane, ma sconsigliati in aree ad alta densità abitativa a causa dell'ampio territorio occupato.

Se correttamente dimensionate, si ritiene che queste strutture siano in grado di rimuovere circa l'80% dei TSS e circa il 70% dei Coliformi fecali.

A seconda della diversa distribuzione di zone a maggiore o minore profondità si può distinguere fra:

- *Shallow Wetland*: la maggior parte del volume di trattamento è formata da aree vegetate a bassa profondità. Le profondità più elevate si riscontrano invece nel bacino di immissione all'ingresso del sistema e in quello di uscita.
- *Extended Detention (ED) Shallow Wetland*: a differenza del caso precedente parte del volume di progetto può essere trattenuta al di sopra della superficie dello stagno e rilasciata nell'arco delle 24 ore. In questo modo, grazie alla configurazione del sistema, è possibile trattare elevati volumi di acque di pioggia in spazi ridotti.





Esempi di *Shallow Wetland* (a sinistra) e di *Shallow ED Wetland* (a destra)

- *Pond/Wetland Systems*: si caratterizzano per essere suddivisi in due zone, una vegetata con una modesta altezza d'acqua e una zona a specchio libero. Nella zona a maggiore profondità si ottiene la rimozione dei sedimenti e una riduzione della velocità prima di entrare nell'area vegetata dove le acque sono soggette a ulteriori trattamenti. Rispetto alle due soluzioni progettuali precedenti, questa richiede un minore ingombro spaziale.
- *Pocket Wetland*: si tratta di piccole aree umide.

Il fondo del bacino è sovrastato da un medium a matrice organica di scarso spessore (20-30 cm) su cui cresce la vegetazione; tale materiale di riempimento è costituito da ghiaia, piccoli sassi o sabbia. Le essenze vegetali comunemente utilizzate sono quelle che popolano le zone umide naturali.

Un sistema a flusso libero ben concepito per il trattamento delle acque meteoriche ed il controllo dei picchi di piena è formato da:

- zona di immissione in ingresso, in genere costituita da uno specchio libero con conformazione a stagno, avente la funzione

di bacino di calma e sedimentazione; sono in genere previsti al suo interno una massicciata in pietrame in ingresso per “rompere” il flusso in arrivo, sistemi di grigliatura grossolana sulla tubazione in ingresso onde evitare il trascinamento di materiale solido macroscopico all’interno della zona umida;

- zone a bassa profondità, con vari livelli del pelo libero e adatte allo sviluppo di una vegetazione macrofita emergente; in tali zone viene mantenuto generalmente un livello del pelo libero costante in condizioni di pioggia: successivamente i volumi invasati, generalmente corrispondenti al volume di prima pioggia, vengono in parte restituiti lentamente all’ambiente tramite una bocca tarata e in parte rimangono all’interno del sistema infiltrandosi nel terreno;
- zone laterali adibite al controllo dei volumi di runoff corrispondenti agli eventi meteorici più intensi, e quindi caratterizzate da una vegetazione più resistente a lunghi periodi di tempo secco;
- zona di sedimentazione e accumulo finale.

Come componenti accessori sono in genere previsti:

- un manufatto di scarico, necessario sia per la gestione dei livelli idrici sia per eventuali svuotamenti di emergenza del bacino;
- percorsi di accesso per la manutenzione;
- zona perimetrale di rispetto della zona umida inerbita e adatta all’inserimento di specie arbustive autoctone che contribuiscano all’inserimento paesaggistico del sistema;
- un canale di by-pass di emergenza che garantisca il passaggio dei flussi idraulici eccedenti la portata di progetto;

In ambito urbano e nei tratti ad alta valenza turistica e naturalistica (ad esempio le zone costiere) la zona umida può essere vista come elemento di arredo e riqualificazione ambientale, magari prevedendo percorsi naturalistici, zone di sosta ecc.





Esempi di Pond/Wetland Systems (a sinistra) e di Pocket Wetland (a destra)

Vantaggi

- miglioramento dell'inserimento paesaggistico e riqualificazione ambientale;
- ricreazione di habitat acquatici naturali;
- bassi costi di manutenzione.

Svantaggi

- richiede aree relativamente grandi;
- necessità di un flusso minimo per il mantenimento vitale del sistema (suoli troppo permeabili richiederebbero una impermeabilizzazione);
- necessità di controllo sulla quantità di sedimenti depositata.

Aspetti manutentivi

- Rimozione periodica dei solidi grossolani e degli oli intrappolati dall'apposito manufatto di alimentazione;

- Controllo dell'accumulo di sedimenti ed eventuale rimozione periodica (il sistema di regolazione finale e il design del sistema possono prevedere comunque la possibilità di regolare i livelli mantenendo in tal modo le volumetrie di progetto);
- Rimozione periodica della vegetazione infestante;
- decespugliamento delle essenze con rimozione dei culmi di canna sulla superficie del canale vegetato, con attrezzatura meccanica e manuale e pulizia dai residui della vegetazione: 1 volta ogni 3 anni;
- pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulle sponde: minimo 1 volta l'anno
- eventuale rinfoltimento della vegetazione, in modo da mantenere almeno il 50% di copertura vegetale nelle varie zone.

3.6 Costi

Si riporta di seguito una tabella con i costi di realizzazione e gestione di alcuni sistemi di BMPs (elaborazione Iridra)

	Realizzazione	Gestione (annuale)
Trincee filtranti	60-90 €/m ²	2 – 3 €/m ²
Canali filtranti vegetati	50-90 €/m	2 €/m ²
Canali inerbiti	15-20 €/m	2 €/m ²
Strisce filtranti	15-20 €/m	2 €/m ²
Aree di ritenzione vegetate	50-80 €/m ²	2 – 3 €/m ²
Pavimenti permeabili	150 – 200 €/m ²	0,3 – 1,5 €/m ²



3. Il risparmio idrico e il recupero delle acque grigie

Uno dei principi fondamentali della “sustainable sanitation” sta nel considerare le acque di scarico come parte di un sistema completo e nell’esaminare non solo il trattamento e lo scarico delle acque reflue, ma anche l’intero processo di consumo delle risorse idriche. Per essere sostenibile, un sistema di gestione delle acque richiede un uso efficiente dell’acqua, in grado di evitare il ricorso a sostanze pericolose, riciclare le sostanze nutritive, trattare le acque reflue a costi contenuti e recuperare le acque trattate per usi domestici o per l’irrigazione. Così le acque reflue, invece di essere considerate sostanze da eliminare, diventano una risorsa idrica. Tale approccio permette di progettare le varie parti allo scopo di ottimizzare il sistema nel suo complesso.

La fonte più autorevole sull’“ecological sanitation” è, probabilmente, il progetto “Ecosan”, promosso dal Governo tedesco con il supporto di molti altri partner in tutto il mondo, in cui si mettono a confronto le “filosofie” della “sanitation” convenzionale con quelle dell’“ecological sanitation”:

- la gestione convenzionale usa grandi quantità di acqua, insieme a fertilizzanti e pesticidi, per irrigare i campi e fornire prodotti al mercato alimentare; altra acqua viene destinata agli usi civili, che la utilizzano nelle nostre case per allontanare gli scarichi (che contengono proprio quei fertilizzanti necessari all’agricoltura). Grandi quantità di acqua vengono raccolte e, nel migliore dei casi, inviate agli impianti di depurazione per rimuovere inquinanti e fertilizzanti. Non c’è riuso né d’acqua né di fertilizzanti, pertanto c’è un forte rischio di contaminazione nel caso si verifichi un qualsiasi problema nella rete fognaria (molto estesa) o nel depuratore;
- l’“ecological sanitation” punta, invece, a riusare il più possibile l’acqua ed i fertilizzanti contenuti nelle acque di scarico; a tal fine tiene separate le acque grigie (meno



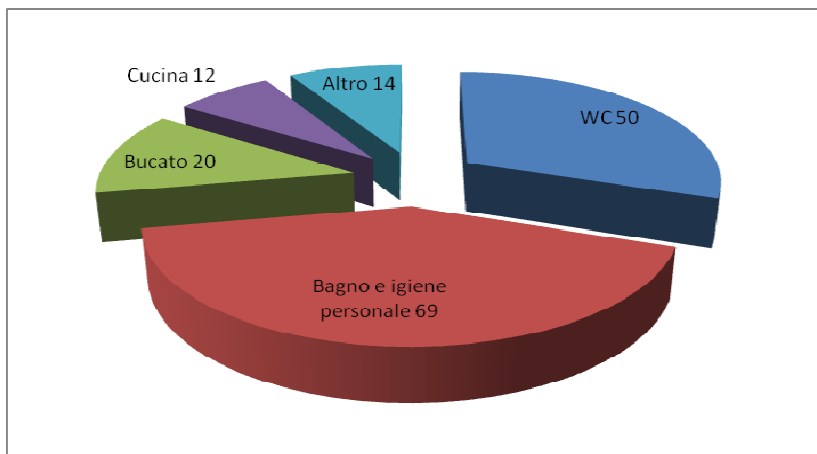
pericolose, perché non contaminate da patogeni e più facili da depurare) da quelle nere: le prime, possono essere riusate in molti modi anche all'interno delle abitazioni (scarichi WC, lavaggio abiti e superfici interne ed esterne, innaffiamento); le seconde, le acque nere, invece, che contengono nutrienti preziosi per l'agricoltura, vengono riusate per l'irrigazione, dopo aver eliminato i patogeni. Per il trattamento, sia delle une che delle altre, si tende a ricorrere alle tecniche di fitodepurazione (con bassi costi di gestione), che permettono una maggiore elasticità e sono utilizzabili in modo decentrato.

3.1 Misure di risparmio idrico

In un'ottica di utilizzo efficiente della risorsa idrica, numerosi sono gli interventi praticabili (che differiscono in base ad ambito di applicazione ed utilizzatore finale) che consentono un notevole risparmio idrico e verso i quali si è registrata negli ultimi anni una crescita di interesse da parte sia del mondo scientifico che delle autorità competenti. È stato dimostrato che, applicando dispositivi per il risparmio di acqua a rubinetti e wc, è possibile ridurre i consumi di circa il 50% (EEA, 2002).

La maggior parte dell'acqua consumata a livello domestico è impiegata per il WC (30%) per l'igiene personale (41%), mentre solo una minima percentuale per bere e cucinare (7%). Di seguito si riporta un grafico che rappresenta una statistica sui consumi domestici medi e la loro ripartizione (i dati sono espressi in l/giorno pro-capite): il totale è 165 litri.





Consumi domestici medi in un'abitazione italiana (fonte: Iridra)

Dimezzare i consumi di acqua consente di risparmiare non solo acqua potabile ma anche il combustibile per riscaldarla, con un conseguente risparmio energetico (ed economico) e una diminuzione dell'inquinamento dell'aria e dell'effetto serra.

I dispositivi più semplici sono gli erogatori completi di diffusori e limitatori di flusso, da installare direttamente e in maniera semplice sui rubinetti di lavandini, cucine e docce. Questi dispositivi contengono dei limitatori di flusso e dei diffusori: i primi permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione delle necessità e della pressione; i secondi, basandosi sul principio "Venturi", consentono di creare una miscela aria-acqua, diminuendo così la quantità di acqua erogata senza alterare il livello di comfort. Oltre a permettere il risparmio idrico, questi sistemi evitano i depositi di calcare, riducono i costi di manutenzione migliorando la pressione degli impianti idrosanitari ed eliminano la mancanza di acqua calda nel caso di funzionamento contemporaneo di più docce. Inoltre, l'installazione non necessita di interventi tecnici.

Apparecchio	Descrizione	Risparmio idrico
Rubinetti		
Rubinetti con aeratore	Introduce aria nella corrente d'acqua, creando una miscela aria-acqua e quindi riducendo la quantità di acqua erogata	Circa il 50%
Rubinetti termostatici	possiedono un preselettore di temperatura che mantiene l'acqua alla temperatura selezionata in modo che, quando si chiude e si riapre il rubinetto, l'acqua mantiene la stessa temperatura	Fino al 50% e risparmio energetico
Rubinetti elettronici	il flusso s'interrompe automaticamente ogni volta che si ritirano le mani dal lavandino. Il flusso e la temperatura sono pre-regolati, anche se l'utente può modificarli con il comando apposito. Come sistema di sicurezza, nel caso della presenza continua di un oggetto, il rubinetto si chiude automaticamente dopo circa 30 secondi	Fino al 70%
Rubinetti con timer	Il flusso d'acqua si interrompe automaticamente dopo un intervallo di tempo prestabilito	Fino al 70%
Cipolla per doccia a bassa portata	Portata 10 l/min contro i tradizionali 18 l/min	Circa il 10% per persona
WC		
Cassette con doppio pulsante	si tratta di cassette che ottimizzano i flussi d'acqua per ottenere una maggior velocità, e possono essere dotati di valvola per parzializzare	Intorno al 50%
Cassette 7 l a	Per ottenere questo risultato	Fino al 50%



pressione	dobbiamo utilizzare dei sistemi di scarico “pressati” ovvero che sfruttano la pressione dell’acquedotto (o di una pompa) per pulire più efficientemente con meno acqua	
Urinali a secco	l’urinale è realizzato con un materiale completamente liscio e non poroso, in cui l’urina viene incanalata direttamente nel sifone, senza lasciare residui all’interno del sistema. Questo tipo di sifone contiene un liquido d’arresto (totalmente biologico e biodegradabile) con un peso specifico inferiore a quello dell’urina, come l’acqua, grazie al quale l’urina viene completamente isolata e risulta totalmente inodore. La maggior parte dei componenti solidi dell’urina vengono successivamente filtrati dal sifone ed il resto del flusso viene convogliato nello scarico.	Non necessitano di acqua
Dispositivi per il risparmio idrico per vecchi apparecchi		
Aeratori	Introduce aria nella corrente d’acqua aumentandone il volume e quindi riducendone la portata	Intorno al 40%
Bottone di stop per cassette WC	Permette di interrompere il flusso	Fino al 70%

Dispositivi per il risparmio idrico

Altri significativi risparmi idrici possono essere ottenuti sostituendo vecchi modelli di lavatrici e lavastoviglie con modelli di nuova concezione ad elevata efficienza energetica: le nuove lavastoviglie

consentono di ridurre i consumi fino ad otto volte (da 25 l a 3 l), mentre le lavatrici di 2/3 da 150l a 50 l (dati del progetto SWAMP).

3.2 La separazione di feci e urine

Un aspetto importante da tenere in considerazione in un'ottica di "sustainable sanitation" è la necessità di chiudere il ciclo della materia negli ecosistemi. Il ciclo del carbonio organico, dell'azoto e del fosforo, in natura avviene in massima parte nel suolo, mentre nelle acque (dove comunque queste sostanze sono indispensabili) versamenti massivi divengono nocivi portando rapidamente al collasso degli ecosistemi. I rifiuti organici devono essere riconsiderati una risorsa, compostati e ridati alla terra. In questo senso, i servizi igienici senza uso di acqua sono una parte determinante di questa possibilità realizzativa.

Tra i migliori sistemi di trattamento, il compostaggio è riconosciuto valido proprio perché è in grado, naturalmente e senza aggiunte costose o macchinari complessi, di eliminare batteri e parassiti e di salvaguardare il contenuto nutritivo utile a fini agricoli.

4.2.1. Compost toilet

I compost toilet sono particolari bagni che trattano i rifiuti solidi umani attraverso processi di compostaggio e disidratazione, ottenendo un prodotto finale che può essere impiegato come ammendante organico in agricoltura. Questi sistemi non necessitano né di acqua né di prodotti chimici e non devono essere collegati al sistema fognario.

Generalmente si distinguono due tipologie:

- Sistemi discontinui;
- Sistemi a processo continuo.



Dato che il compostaggio è un processo organico, è necessario garantire l'ossigenazione del sistema in modo da prevenire l'instaurarsi di condizioni anaerobiche.

Questi sistemi sono prevalentemente usati in zone non servite da pubblica fognatura. Sebbene i costi di investimento iniziale siano piuttosto alti, il sistema diventa economico nel lungo periodo grazie sia al notevole risparmio idrico sia al costo di depurazione minimo.

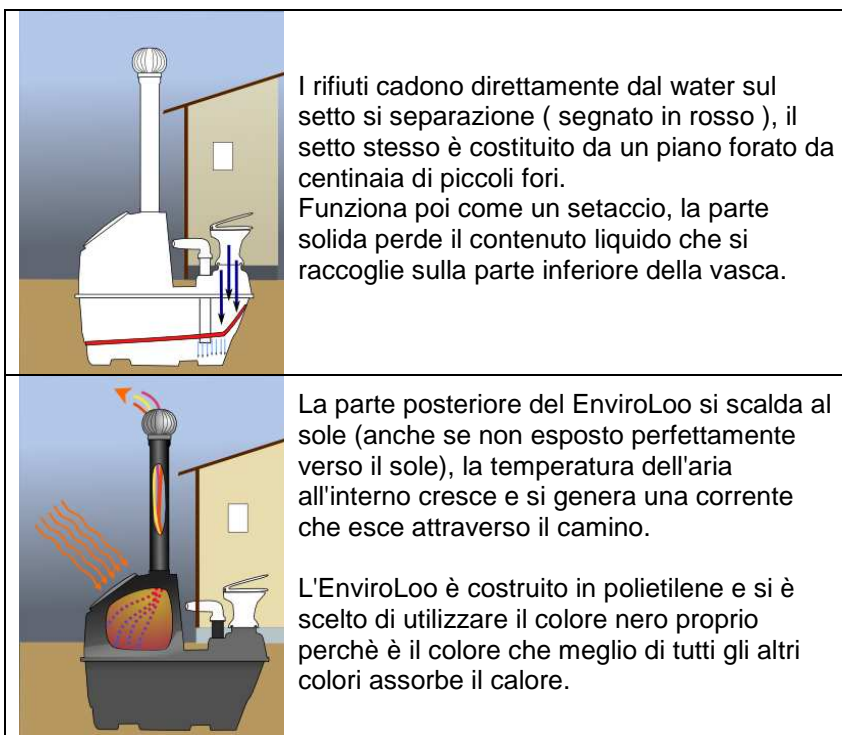
In commercio sono reperibili diverse tipologie di compost toilet: ad esempio i sistemi Envirolet® Waterless Self-Contained Systems (www.envirolet.com) sono adatti per installazione al pian terreno o comunque quando non ci siano spazi disponibili al di sotto del bagno.

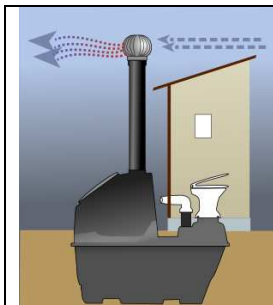


Esempio di installazione del sistema Envirolet® Waterless Self-Contained Systems

Un altro sistema è l'Enviro Loo (www.kezuba.u) un sistema di toilette a secco che sfrutta il calore del sole e il vento per seccare i rifiuti organici e particolarmente adatto per bagni pubblici esterni.

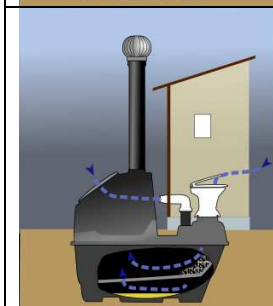
L'Enviro Loo opera in due fasi: nella prima fase si ha la separazione dei liquidi e solidi. Nella seconda fase, utilizzando un "captatore" di calore e uno di vento, si accelera la ventilazione e l'ossigenazione del rifiuto che stimola la decomposizione anaerobica e l'evacuazione degli odori. I liquidi contenuti nella parte più bassa del serbatoio, evaporano a pressione atmosferica, mentre i solidi seccano e si decompongono in un materiale simile al compost, di massa pari al 5-10% dell'originale.





Basta una leggera brezza per far funzionare l'estrattore in cima al camino, che girando permette l'estrazione di aria dall'interno del sistema.

(L'estrattore gira ad un minimo di 4km/h e questo assicura una estrazione di 150m³ di aria attraverso il sistema).



La circolazione dell'aria è assicurata da nuova aria fresca che entra all'interno del sistema attraverso il tubo di ventilazione posto dietro il wc e dallo scarico stesso del wc. L'aria che entra dal tubo di ventilazione esce direttamente sotto il setto di separazione sopra la parte liquida; altra aria entra attraverso lo scarico del wc e passa sopra la parte solida. I liquidi evaporano e i solidi si disidratano.

Schema di funzionamento di Enviro Loo (www.kazuba.eu)



Esempi di installazioni di Enviro Loo (www.enviro-loo.com)

4.2.2. Separazione delle urine

Risulta conveniente dividere e trattare separatamente urine e feci, sempre che poi a valle venga attivata una filiera. La separazione facilita i processi di depurazione e il riuso dei nutrienti.

In media, una persona “produce” 1,5 l di urina al giorno e 200 g di feci. L’urina contiene l’85% di azoto, il 70% di fosforo e il 70% di potassio; le feci contengono il 15% di azoto, il 30% di fosforo e il 30% di potassio.

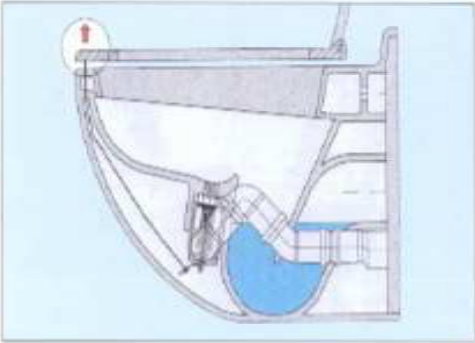
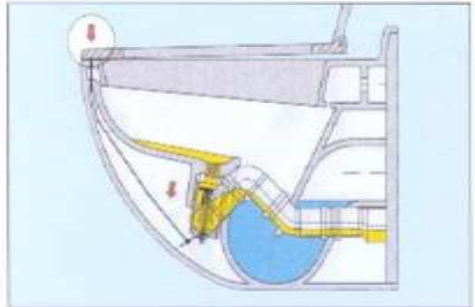
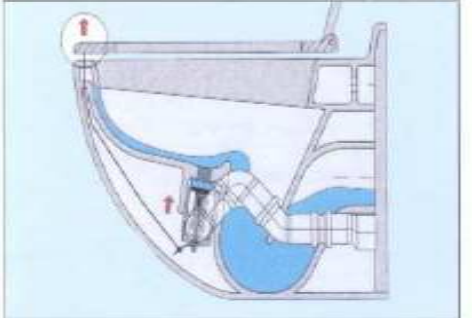
L’urina separate può essere raccolta e utilizzata come fertilizzante in agricoltura. Le feci possono essere decomposte in compost toilet. L’urina rappresenta un fertilizzante naturale estremamente pulito in quanto non contiene normalmente carica batterica e ha una bassa concentrazione di metalli pesanti.

Sono reperibili in commercio diversi tipi di wc per la separazione delle urine:

ROEDIGER NO MIX TOILET (www.roevac.de)



Questo sistema viene utilizzato come un normale wc, con la sola eccezione che anche gli uomini devono sempre sedersi. Il wc ha 2 sistemi di uscita separati: uno per le feci e la carta igienica posto nella parte posteriore e uno per l’urina chiuso da un tappo mobile.

<p>Non funzionamento Lo scarico per l'urina è chiuso</p>	
<p>In funzione Quando il wc viene usato (persona seduta) il tappo si apre automaticamente e l'urina può fluire nell'apposito condotto</p>	
<p>Flussaggio Quando l'utente si alza il tappo si chiude automaticamente e parte il flussaggio del wc in mod che l'urina non venga diluita con acqua</p>	

DUBBLETT-System (www.dubbletten.nu)

Questi particolari wc sono dotati di un sistema di flussaggio separato per urine e feci e permettono di risparmiare fino al 60% di acqua.

Il wc è suddiviso in 2 comparti, uno per le feci e uno per l'urina, dotati ciascuno di un sistema di flussaggio indipendente. Infatti, mentre per il flussaggio dell'urina sono sufficienti 120-150 ml, per le feci sono necessari dai 4 ai 6 l.



Esistono infine particolari orinatoi "a secco", utilizzabili in bagni pubblici (www.falconwaterfree.com), che oltre a consentire un notevole risparmio idrico permetterebbero di effettuare la separazione delle urine.

L'utilizzo senza acqua è permesso da una speciale cartuccia che deve essere periodicamente sostituita.



3.3 La separazione e il trattamento delle acque grigie

Le soluzioni più innovative per l'igiene domestica (secondo l'approccio della "sustainable sanitation") sono quelle che prevedono la separazione all'interno dell'edificio tra le acque nere e le acque grigie. Queste soluzioni, oltre a permettere di riciclare l'acqua all'interno dell'abitazione riducendo drasticamente i consumi, permettono anche di ottimizzare i sistemi fognari e di depurazione.

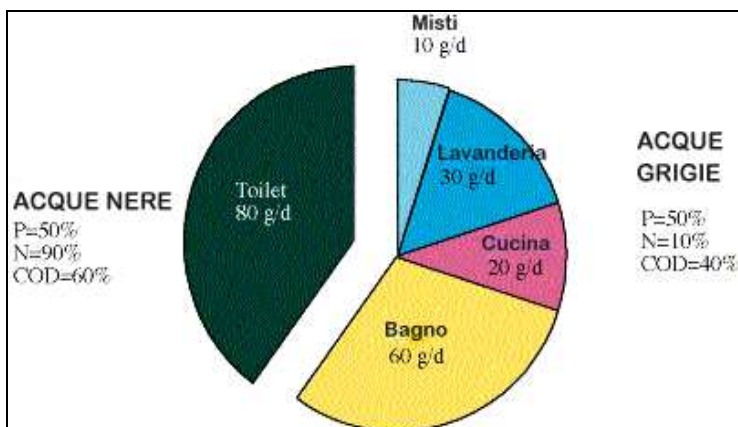
Una gestione sostenibile del ciclo delle acque si basa proprio sulla valorizzazione di acque meno nobili e sull'utilizzo dell'acqua di alta qualità esclusivamente laddove sono veramente richieste caratteristiche di qualità. I principali interventi per attuare questo tipo di gestione sono effettivamente realizzabili semplicemente e con costi contenuti, e sono:

- separazione delle reti di scarico delle acque nere (contenenti gli scarichi dei WC) e delle acque grigie (tutte le altre acque di scarico);
- trattamento e riutilizzo delle acque nere e grigie per scopi non potabili, come ad esempio l'irrigazione di aree a verde e il riempimento delle cassette di risciacquo dei WC;
- recupero delle acque meteoriche, eventuale trattamento e riutilizzo per l'irrigazione o per altri scopi (cassette di risciacquo dei WC, lavaggio di piazzali, ecc).

Le acque grigie si depurano molto più velocemente delle acque nere: probabilmente la differenza più significativa consiste nella velocità di degradazione degli inquinanti nelle acque grigie. Le acque nere contengono infatti sostanze organiche che hanno subito uno dei processi degradativi più efficienti in natura, quello del tratto gastro-intestinale umano. E' quindi facilmente comprensibile che i residui di tale processo non si possano decomporre velocemente una volta inseriti in acqua, ambiente non consono alla popolazione batterica in essi contenuta. Ad esempio, in cinque giorni di processo biologico degradativo della sostanza organica, nelle acque solo il 40% della mineralizzazione totale viene degradato, mentre nel caso delle acque grigie si raggiunge nello stesso periodo una rimozione del



90%. (Tullander, Ahl, e Olsen). Questo rapido decadimento della sostanza organica presente nelle acque grigie può essere spiegato con l'abbondanza di zuccheri, proteine e grassi, facilmente disponibili alla flora batterica, caratteristica di questa tipologia di reflui.



Principali caratteristiche di composizione chimica (Garuti, 2002)

Le acque grigie contengono solo 1/10 dell'azoto totale e meno della metà del carico organico in comparazione con le acque nere: come si può osservare dalla seguente figura e dalle successive tabelle, che riportano i dati di campagne analitiche effettuate in due distinti scenari in due diversi paesi, le composizioni chimiche delle acque grigie e nere differiscono principalmente per il carico organico, il contenuto in azoto, ammoniacale e nitrico, ed il carico microbico (patogeni). Inoltre, l'azoto totale presente nelle acque grigie è al 50% azoto organico che può quindi essere facilmente fissato ed utilizzato da piante.

In base alla caratterizzazione delle acque grigie, una scelta progettuale sostenibile per il loro trattamento ai fini del riutilizzo deve tenere conto dei seguenti fattori:



- adattabilità alle variazioni di carico idraulico e organico in ingresso;
- efficienza nella degradazione della sostanza organica;
- alto abbattimento della carica batterica presente ai fini del riutilizzo;
- semplicità ed economicità di gestione e manutenzione;

Esistono diversi sistemi di depurazione particolarmente adatti alla depurazione delle acque grigie, sia estensivi (sistemi di fitodepurazione) sia caratterizzati da ingombri ridotti (generalmente si tratta di sistemi interrabili, ma esistono in commercio alcune soluzioni impiantistiche adatte anche all'installazione all'interno degli edifici, permettendo oltretutto di risparmiare per quanto riguarda tubazioni esterne agli edifici) come impianti SBR (Sequencing Batch Reactor) e MBR (Membrane Reactor).

Un impianto di trattamento delle acque grigie deve generalmente comprendere:

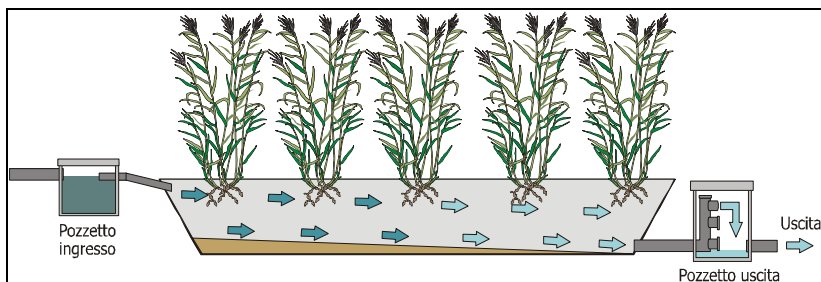
- degrassatore (per le cucine);
- trattamento primario;
- trattamento secondario;
- disinfezione.

Le tecniche di fitodepurazione rappresentano una tipologia impiantistica che si adatta perfettamente al trattamento delle acque grigie: in particolare, a parità di carico idraulico trattato, la loro efficienza è maggiore nell'abbattimento del carico organico presente nelle acque grigie, rispetto al caso in cui abbiamo anche le nere. Essendo sistemi a biomassa adesa risentono in maniera molto minore rispetto ai tradizionali impianti a fanghi attivi delle variazioni di concentrazioni di inquinanti nel refluo. Inoltre hanno dimostrato un'elevata efficacia nell'abbattimento della carica batterica, comunque presente in quantitativi molto limitati all'interno delle acque grigie. Tra le varie tipologie di sistemi di fitodepurazione, quelle a flusso sommerso presentano spiccati vantaggi rispetto a quelli a flusso superficiale: il flusso subsuperficiale limita infatti



fortemente il rischio di odori, lo sviluppo di insetti, e può consentire l'utilizzo della zona adibita all'impianto da parte del pubblico, permettendo così anche l'inserimento in sistemazioni a verde di complessi edilizi.

I sistemi SFS-h (flusso sommerso orizzontale) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti (sono comunemente utilizzate le cannuccie di palude o *Phragmites australis* ma possono essere utilizzate anche altre specie acquatiche come *Juncus Effusus* e *Typha latifolia*, altre in combinazione con esse per migliorarne l'inserimento, come ad esempio il giaggiolo acquatico o *Iris Pseudacorus*); il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche o come più comunemente accade, di membrane sintetiche (HDPE o LDPE 2 mm di spessore). Il flusso idraulico dei liquami rimane costantemente al di sotto della superficie e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto.



Sistema SFS-h (fonte: Iridra)

La forma di una vasca a flusso sommerso orizzontale deve essere preferibilmente rettangolare; la pendenza del fondo del letto può



variare dall'1 al 5%, compatibilmente con i calcoli di verifica sulla geometria della vasca.

Il sistema di distribuzione del refluo in ingresso è generalmente costituito da una tubazione con elementi di distribuzione a T, collocata al di sotto della superficie del riempimento.

I sistemi di uscita sono spesso realizzati con una tubazione drenante posta sul fondo, al piede della scarpata della vasca, per tutta la sua larghezza, e collegata con una tubazione ad un pozzetto, in cui è alloggiato un dispositivo che garantisce la regolazione del livello idrico all'interno del sistema; ciò permette di regolare il livello di refluo nella vasca secondo le esigenze funzionali del sistema stesso.

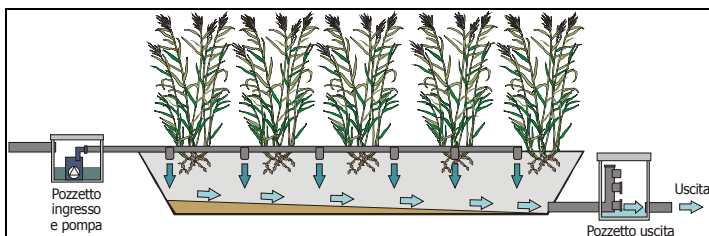


Sistema a flusso sommerso orizzontale SFS-h per il trattamento delle acque grigie (Comune di Preganziol (Tv), 240 ae)

Anche sistemi VF sono costituiti da vasche impermeabilizzate contenenti materiale inerte con granulometria prescelta.

Il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche con carico alternato

discontinuo. Questa metodologia con flusso intermittente (reattori batch) implica l'impiego di un numero minimo di due vasche in parallelo per ogni linea che funzionano a flusso alternato, in modo da poter regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di dispositivi a sifone autoadescante opportunamente dimensionati o di sistemi di pompaggio adeguati.



Sistema SFS-v (fonte: Iridra)

Il medium di riempimento è costituito da alcuni strati di ghiaie e sabbie di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo. Questi sistemi hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche (durante lo svuotamento periodico delle vasche), giacché la diffusione di questo elemento è circa 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, e di alternare periodi di condizioni ossidanti a periodi di condizioni riducenti.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso il che favorisce sia la denitrificazione sia l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

Un ulteriore aspetto positivo dei sistemi VF consiste nella maggiore protezione termica dei liquami nella stagione invernale.

Il sistema di alimentazione delle vasche deve garantire una uniforme distribuzione del refluo sulla superficie; la conformazione geometrica



di questo sistema dovrà avere un alto grado di simmetria e tutti i punti di uscita del refluo dovranno sottendere un'uguale area e coprire tutta la superficie. I sistemi comunemente utilizzati vengono realizzati tramite tubazioni per condotte di scarico in materiali plastici quali PE o PVC. L'uscita del refluo può avvenire: attraverso apposite bocchette (realizzabili, ad esempio, con delle curve a 90°), oppure praticando dei forellini di 2-4 mm sulla parte inferiore delle tubazioni.

Il drenaggio delle acque, che percolano nei filtri verticali, è realizzato nello stesso modo dei letti a flusso sommerso orizzontale, ponendo una tubazione microforata su un lato del letto e assicurando una pendenza minima (1-2%) del fondo del letto verso quel lato per favorire l'evacuazione del liquame.



Sistema a flusso sommerso verticale per il trattamento delle acque grigie 10 ae (Neumühlen/Böhme, Lower Saxony; Photo: B. Ebeling)

Per maggiori dettagli tecnici si può consultare il manuale APAT/ARPAT “Linee Guida per la progettazione e la gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui civili”.

Il trattamento delle acque grigie con un sistema SBR è adatto per utenze mono e multi-familiari. All'interno del sistema SBR, il trattamento delle acque viene effettuato in diversi stadi temporalmente successivi che avvengono in maniera ciclica. Preliminarmente si ha una *filtrazione* che elimina i materiali più grossolani (come ad esempio capelli o pezzi di tessuto); il filtro viene lavato periodicamente ed automaticamente tramite un'apposita pompa interna al sistema, ed i residui della pulizia del filtro vengono scaricati nella rete fognaria. Successivamente si ha il trattamento biologico vero e proprio, con il funzionamento "batch" tipico di questi sistemi: le fasi di ossidazione e sedimentazione avvengono all'interno del medesimo comparto ad intervalli automaticamente stabiliti tramite una centralina di controllo. I prodotti di scarto della fase di sedimentazione vengono automaticamente espulsi ad intervalli regolari e convogliati alla rete fognaria nera (terzo stadio) (fonte: Pontos).



Sistemi di riciclo acque grigie per usi domestici (da www.busse-gmbh.de e www.hansgrohe.com)

I bioreattori a membrana (MBR) nascono dall'abbinamento di un sistema biologico a fanghi attivi con un processo di filtrazione a membrana. Generalmente il sistema è costituito da un'unità di



pretrattamento per la sedimentazione primaria (collegata con la fognatura), da un serbatoio di stoccaggio aerato e da un altro comparto aerato a fanghi attivi contenente il modulo a membrana. Vengono impiegati di solito moduli filtranti ad UF e MF, generalmente a fibre cave, immersi all'interno della vasca a fanghi attivi. Tali moduli, posti internamente in depressione, consentono il trattenimento della biomassa sospesa e la separazione dell'effluente depurato. In particolare, nel caso delle membrane di UF (con porosità dell'ordine di 0.1 micron) risulta garantito il trattenimento di tutti i tipi di microrganismi, compresi i virus. A differenza dei tradizionali sistemi a fanghi attivi, risultano assenti i ricircoli di fango e la sedimentazione secondaria, essendo la biomassa completamente trattenuta nel reattore biologico (si provvede all'estrazione del fango di supero necessario per il rispetto dell'età del fango desiderata); l'età del fango è quindi svincolata dalle caratteristiche di sedimentabilità dello stesso, consentendo lo sviluppo di microrganismi con maggiori potenzialità degradative.



4. Riferimenti di legge

D. Lgs. 03/04/2006 n.152 “Norme in materia ambientale”

Il D.Lgs. 152/06 riprende il concetto di tutela quantitativa delle risorse idriche introdotto dal D. Lgs. 152/99: Parte Terza, Capo III, art. 95 comma 1: *“la tutela quantitativa della risorsa concorre al raggiungimento degli obiettivi di qualità attraverso una pianificazione delle utilizzazioni delle acque volta ad evitare ripercussioni sulla qualità delle stesse e a consentire un consumo idrico sostenibile”*.

All'art 98 (risparmio idrico) si trova che *“coloro che gestiscono o utilizzano la risorsa idrica adottano le misure necessarie all'eliminazione degli sprechi e alla riduzione dei consumi e ad incrementare il riciclo ed il riutilizzo, anche mediante le migliori tecniche disponibili”*.

Per quanto riguarda la gestione delle risorse idriche, all' art. 146 si enuncia che: *“le Regioni adottano norme e misure volte a razionalizzare i consumi e eliminare gli sprechi ed in particolare a:*

- a) *Migliorare la manutenzione delle reti di adduzione e di distribuzione di acque a qualsiasi uso destinate al fine di ridurre le perdite;*
- b) *Prevedere, nella costruzione o sostituzione di nuovi impianti di trasporto e distribuzione dell'acqua, sia interni che esterni, l'obbligo di utilizzo di sistemi anticorrosivi di protezione delle condotte di materiale metallico;*
- c) *Realizzare, in particolare nei nuovi insediamenti abitativi, commerciali e produttivi di rilevanti dimensioni, reti duali di adduzione al fine dell'utilizzo di acque meno pregiate per usi compatibili;*
- d) *Promuovere l'informazione e la diffusione di tecniche di risparmio idrico domestico e nei settori industriale, terziario ed agricolo;*



- e) *Adottare sistemi di irrigazione ad alta efficienza accompagnati da una loro corretta gestione e dalla sostituzione, dove opportuno, delle reti di canali a pelo libero con reti in pressione;*
- f) *Installare contatori per il consumo dell'acqua in ogni singola unità abitativa nonché contatori differenziati per le attività produttive e del settore terziario esercitate nel contesto urbano;*
- g) *Realizzare nei nuovi insediamenti, quando economicamente e tecnicamente conveniente anche in relazione ai recapiti finali, sistemi di collettamento differenziati per le acque piovane e per le acque reflue e di prima pioggia;*
- h) *Individuare aree di ricarica delle falde ed adottare misure di protezione e gestione atte a garantire un processo di ricarica quantitativamente e qualitativamente idoneo”.*

Per quanto riguarda le acque meteoriche l'art.113 del D.L. 152/06 non dà una precisa definizione delle acque meteoriche di dilavamento, ma le identifica per esclusione mettendole a confronto con le acque reflue industriali, domestiche od urbane dalle quali appunto le distingue.

All'art. 114 “Acque di prima pioggia e di dilavamento” il D.Lgs. precisa che:

“1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio disciplinano ed attuano:

- a) *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
- b) *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate,*



siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.

2. Le acque meteoriche non disciplinate a sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.

3. Le Regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari casi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

4. E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee."

Legge Regionale n. 20 del 31 maggio 2006 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"

Vengono definite:

Acque meteoriche dilavanti (AMD): acque derivanti da precipitazioni atmosferiche; si dividono in acque meteoriche dilavanti non contaminate e acque meteoriche dilavanti contaminate, che includono anche le acque meteoriche di prima pioggia;

Acque meteoriche dilavanti contaminate (AMC): acque meteoriche dilavanti, diverse dalle acque meteoriche dilavanti non contaminate, ivi incluse le acque meteoriche di prima pioggia, derivanti dalle attività che comportano oggettivo rischio di trascinarsi, nelle acque meteoriche, di sostanze pericolose o di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali;

Acque meteoriche dilavanti non contaminate (AMDNC): acque meteoriche dilavanti derivanti da superfici impermeabili non adibite allo svolgimento di attività produttive, ossia: le strade pubbliche e private, i piazzali di sosta e di movimentazione di automezzi, parcheggi e similari, anche di aree industriali, dove non



vengono svolte attività che possono oggettivamente comportare il rischio di trascinarsi di sostanze pericolose o di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali;

acque meteoriche di prima pioggia (AMPP): acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio; ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di deflusso si assumono pari ad 1 per le superficie coperte, lastricate od impermeabilizzate ed a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate; si considerano eventi meteorici distinti quelli che si succedono a distanza di quarantotto ore.

Secondo l'Art. 8 lo scarico di AMPP in pubblica fognatura derivanti dalle aree pubbliche è sempre ammesso e non necessita di autorizzazione qualora rispetti le seguenti condizioni:

- a) compatibilità della rete fognaria dal punto di vista idraulico con le portate immesse nella medesima;
- b) caratteristiche qualitative e quantitative della AMPP scaricate tali da non compromettere l'efficienza depurativa dell'impianto di depurazione;
- c) preventivo assenso del gestore del servizio idrico integrato nel caso di fognatura mista o di condotta nera di fognatura separata.

Lo scarico di AMPP derivanti dalle aree pubbliche fuori dalla pubblica fognatura è ammesso e non necessita di autorizzazione allo scarico. Devono essere previsti idonei trattamenti delle AMPP, ove necessari al raggiungimento e/o al mantenimento degli obiettivi di qualità, per le autostrade e le strade extraurbane principali di nuova realizzazione e nel caso di loro adeguamenti straordinari.

Le AMPP sono assimilate ad AMDNC quando non siano entrate in contatto con altre acque e derivino:



- a) esclusivamente da tetti o tettoie di edifici, di altre strutture permanenti o temporanee, di insediamenti o stabilimenti che non svolgano le attività, individuate dal regolamento n.46/R.
- b) da altre superfici impermeabili, diverse da quelle di cui alla lettera a), di stabilimenti che non svolgano le attività, individuate dal regolamento 46/R.

DPGR 8 settembre 2008 n.46/R “Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 “Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento””.

Il capo V del regolamento prevede prescrizioni dettagliate per la gestione delle acque meteoriche che deve perseguire (art. 38):

- La prevenzione del trasporto di sostanze solide e la contaminazione di inquinanti;
- Il riutilizzo, nella massima misura tecnicamente possibile, in relazione sia alla qualità delle acque sia ai fabbisogni dell’insediamento in cui si generano.

Nell’allegato 5 al regolamento, vengono elencate le attività da cui possono generarsi AMC, tra cui ad esempio:

- Attività stradali di distribuzione dei carburanti e impianti di stoccaggio idrocarburi;
- Centri di raccolta deposito e trattamento di veicoli fuori uso;
- Le attività per il pretrattamento o la tintura di fibre tessili;
- Le attività di concia delle pelli.

Le AMPP derivanti da attività non incluse nell’allegato sono da considerarsi AMDNC.

L’Art. 41 contiene le indicazioni per la gestione delle AMPP diverse da quelle contemplate nell’art. 8 delle L.R.: lo scarico di AMPP deve recapitare in ordine preferenziale:

- a) se presente o disponibile nella rete fognaria mista o, per le reti separate, nella condotta adibita al trasporto delle acque nere;



- b) previo idoneo trattamento, in corpo d'acqua superficiale, nel rispetto delle disposizioni della normativa nazionale o regionale.
- c) previo idoneo trattamento, sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo limitatamente alle zone non direttamente servite da rete fognaria e non ubicate in prossimità di corpi idrici superficiali.

D.M. 02/05/2003 n.93 “Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’art.99, comma 1, del D.Lgs 152/06”

Il riutilizzo delle acque reflue è consentito secondo le indicazioni contenute nel D.M. 02/05/2006 n.93. Le destinazioni d'uso ammissibile individuate sono irriguo, civile e industriale. In particolare:

- per riuso irriguo si intende l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per **l'irrigazione di aree destinate al verde**, ad attività ricreative o sportive;
- civile: per il lavaggio delle strade nei centri urbani; per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento; per l'alimentazione di reti duali di adduzione, separate da quelle delle acque potabili, con esclusione dell'utilizzazione diretta di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli **impianti di scarico nei servizi igienici**;
- industriale: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

I limiti per il riutilizzo sono fissati nella seguente tabella:

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
Parametri chimico fisici	pH		6-9,5
	SAR		10
	Materiali grossolani		Assenti

Solidi sospesi totali	mg/L	10
BOD ₅	mg O ₂ /L	10
COD	mg O ₂ /L	50
Fosforo totale	mg P/L	2 (*)
Azoto totale	mg N/L	15 (*)
Azoto ammoniacale	mg NH ₄ /L	2
Conducibilita' elettrica	μS/cm	3000
Alluminio	mg/L	1
Arsenico	mg/L	0,02
Bario	mg/L	10
Berillio	mg/L	0,1
Boro	mg/L	1,0
Cadmio	mg/L	0,005
Cobalto	mg/L	0,05
Cromo totale	mg/L	0,1
<i>Cromo VI</i>	mg/L	0,005
Ferro	mg/L	2
Manganese	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Nichel	mg/L	0,2
Piombo	mg/L	0,1
Rame	mg/L	1
Selenio	mg/L	0,01
Stagno	mg/L	3
Tallio	mg/L	0,001
Vanadio	mg/L	0,1
Zinco	mg/L	0,5
Cianuri totali (come CN)	mg/L	0,05
Solfuri	mgH ₂ S/L	0,5
Solfiti	MgSO ₃ /L	0,5
Solfati	MgSO ₄ /L	500
Cloro attivo	mg/l	0,2
Cloruri	mg Cl/L	250



	Fluoruri	mg F/L	1,5
	Grassi e oli animali/vegetali	mg/L	10
	<i>Oli minerali</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,05</i>
	<i>Nota 1</i>		
	Fenoli totali	mg/L	0,1
	<i>Pentaclorofenolo</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,003</i>
	Aldeidi totali	mg/L	0,5
	<i>Tetracloroetilene, tricloroetilene</i> <i>(somma delle concentrazioni dei</i> <i>parametri specifici)</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,01</i>
	<i>Solventi clorurati totali</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,04</i>
	<i>Triometani (somma delle</i> <i>concentrazioni)</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,03</i>
	Solventi organici aromatici totali	mg/L	0,01
	<i>Benzene</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,001</i>
	<i>Benzo(a)pirene</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,00001</i>
	Solventi organici azotati totali	mg/L	0,01
	Tensioattivi totali	mg/L	0,5
	<i>Pesticidi clorurati (ciascuno)</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,0001</i>
	<i>Pesticidi fosforati (ciascuno)</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,0001</i>
	Altri pesticidi totali	mg/L	0,05
Parametri microbiologici	Escherichia coli	UFC/100mL	10 (80% dei campioni) 100 valore puntuale max (**)
	Salmonella		Assente

Tabella 1 – Valori limite delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero

(*) Nel caso di riutilizzo irriguo, i limiti per fosforo e azoto totale possono essere elevati rispettivamente a 10 e 35 mg/l

(**) Per le acque reflue recuperate provenienti da fitodepurazione valgono i limiti di 50 e 200