

COMUNE di CARUGO
Provincia di Como

REGOLAMENTO EDILIZIO
LR. 12/2005 - Art. 28



ALLEGATO TECNICO

E. Linee guida per la riduzione dell'impatto idraulico

(Dicembre 2015 - Approvazione)

Adottato con delibera del Consiglio Comunale n. del
Approvato con delibera del Consiglio Comunale n. del
Pubblicato sul BURL (Serie Avvisi e Concorsi) n. del

**Modificato a seguito dell'accoglimento delle
osservazioni presentate**

Redatto da

Dott. Arch. GIACOMINO AMADEO

STUDIO AMBIENTE

Via San Carlo Borromeo, 1 - 20811 Cesano Maderno (MB)

Tel. +39 0362 500200 - Fax +39 0362 1580711

info@studioambiente.org - amadeo@pec.studioambiente

INDICE

1. - Riferimenti
2. - Contenere i deflussi delle acque meteoriche
3. - La rete di drenaggio esistente
4. - Il trattamento delle acque di prima pioggia
5. - Best Management Practices (BMP)
 - 5.1- Sistemi ad infiltrazione ed evaporazione
 - 5.1.1 -Trattamento delle acque delle coperture
 - Pozzi asciutti
 - Tubi drenanti
 - Vasche verdi filtranti
 - Tetti verdi
 - Vasche di raccolta e riutilizzo
 - 5.2.1 -Trattamento delle acque delle strade e dei parcheggi
 - Pavimentazioni drenanti e permeabili
 - Canali inerbiti
 - 5.3.1 -Trattamento delle acque dalle zone urbanizzate in genere
 - Bacini di infiltrazione ed infiltration planters
 - Canali filtranti
 - Sistemi vegetati – fitodepurazione
 - Sistemi di invaso sotterraneo
6. - Esempio di Relazione di calcolo di una vasca di laminazione

1. Riferimenti

In relazione alle disposizioni dell'art. 70 del Regolamento Edilizio, finalizzate alla *riduzione dell'impatto idraulico* causato dagli apporti delle acque meteoriche provenienti dalle superfici già impermeabilizzate e di futura impermeabilizzazione nell'ambito dell'attuazione degli interventi edilizi e urbanistici definiti dal PGT, è incentivata l'implementazione di tecnologie di gestione e recupero delle acque meteoriche.

Nei bacini idrografici naturali il deflusso superficiale è soggetto ad estrema variabilità, con valori che si attestano tra il 20% e il 60% del volume totale di precipitazione.

Nel caso di bacini urbani, costituiti da aree urbanizzate estesamente impermeabilizzati, il deflusso superficiale può raggiungere il 90% del volume totale di precipitazione, costituendo una rilevante sollecitazione per i bacini di drenaggio urbano.

E' noto, che gli eventi meteorici più intensi, da alcuni anni particolarmente diffusi e ripetitivi, provocano portate di deflusso superiori a quelle che i sistemi di drenaggio e fognari esistenti smaltiscono in sicurezza, possono generare allagamenti o indurre rilevanti problemi qualitativi nei corpi idrici superficiali che solitamente fungono da recettori delle acque in eccesso.

Di conseguenza, la corretta disciplina delle acque meteoriche e reflue che defluiscono nei bacini urbani, a causa delle precipitazioni e degli scarichi civili e produttivi, rappresenta uno dei punti cardine delle politiche di salvaguardia dell'ambiente e più in generale della qualità complessiva della vita nei territori urbanizzati.

Le soluzioni tecniche proposte dagli studi in materia e dall'industria di settore sono da anni ormai consolidate da esperienze sul campo per la gestione delle acque, pur considerando le difficoltà nel decifrare i fenomeni e la dinamica delle acque meteoriche.

La stretta interdipendenza tra fognatura, impianto di depurazione e corpi idrici recettori esige che i sistemi di drenaggio siano studiati con approccio unitario, ovvero analizzando l'insieme del contesto naturale e artificiale nel quale il sistema deve operare (corpi idrici naturali o artificiali, le caratteristiche degli insediamenti, le reti di distribuzione idrica, le reti artificiali di drenaggio).

E' dunque decisivo ricondurre le azioni della gestione delle acque meteoriche all'affermazione del principi dell'invarianza idraulica e idrologica, ¹ mediante l'attuazione un sistema di *Il drenaggio urbano sostenibile*, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici recettori mediante il controllo "alla sorgente" delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il complesso delle azioni così finalizzate consentiranno di:

- Contenere i deflussi delle acque meteoriche
- Recupero ed utilizzo delle acque meteoriche

-
- ¹ "*Invarianza idraulica*", principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate nei recettori naturali o artificiali, non devono essere maggiori di quelle pre-esistenti agli intervento in progetto.
 - "*Invarianza idrologica*", principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

- Infiltrazione delle acque meteoriche
- Immissione delle acque meteoriche in acque superficiali

Inoltre, si mitigheranno gli impatti negativi insistenti sul ciclo dell'acqua, quali:

- Impatti sul regime idrico dei corsi d'acqua superficiali causati da immissioni di volumi idrici eccessivi in tempi brevi.
- Sovraccarico del sistema fognario in caso di piogge intense.
- Abbassamento della falda freatica dovuto all'impermeabilizzazione del suolo.
- Impatti sulla qualità delle acque: in caso di sistema fognario misto gli impianti di depurazione non sono in grado di depurare la totalità dei volumi idrici recapitati.

Le seguenti linee guida rappresentano un primo passo d'azione sul tema delle acque, al fine di avviare un cambio culturale nella gestione delle acque, alternativo o integrativo all'attuale sistema di regimazione e canalizzazione, esemplificato da possibili soluzioni progettuali, da definire dal punto di vista dimensionale in relazione alle portate in arrivo, all'idoneità geologica dell'area di riferimento e alla capacità del terreno.

2. Contenere i deflussi delle acque meteoriche

Gli atti del PGT, ed in particolare le Norme del Documento di Piano e del Piano delle Regole, pongono quale obiettivo e dotazione:

- a) L'applicazione delle disposizioni del RR. 04/06
- b) La riduzione della superficie impermeabilizzabile
- c) L'applicazione di dispositivi per il risparmio idrico e per il recupero delle acque meteoriche (art. 11, c. 5).
- d) L'incentivazione dei tetti verdi e del pre-verdissement (art. 11, c. 5).

La trattazione verrà limitata ai sistemi e soluzioni tecniche per il contenimento dei volumi idrici recapitati in fognatura, senza distinguere fra fognature miste piuttosto che separate.

Un sistema separato pone minori esigenze di contenimento delle portate idriche recapitate, le linee guida, in relazione all'attuale assetto funzionale della rete fognaria locale, considerano le soluzioni per una migliore gestione delle acque (Best Management Practices) indipendentemente dal recapito finale.

Le Best Management Practices (BMP), programma di pianificazione del trattamento dei rifiuti, hanno l'obiettivo di:

- Contenere i deflussi superficiali.
- Assicurare il principio d'invarianza idraulica.
- Favorire l'infiltrazione delle acque nel terreno.
- Favorire il recupero delle acque meteoriche.
- Migliorare la qualità delle acque.
- Assicurare un adeguato livello di sicurezza idrogeologica.
- Assicurare l'integrazione degli interventi nel contesto di riferimento.

3. La rete di drenaggio esistente

Sul territorio è presente un sistema di drenaggio superficiale delle acque rappresentato da:

- Tratti di rete fognaria per acque meteoriche.
- Rete fognaria mista.
- Reticolo idrico secondario costituito dalle rogge.

Sarà quindi necessario mantenere tale sistema evitando qualsiasi tombamento delle rogge, perseguendo, ove le condizioni ambientale e urbanistiche lo consentono, la rinaturalizzazione dei tratti coperti esistenti.

La salvaguardia della rete scolante unita ad una progettazione integrata dello spazio urbano può fare sì che l'acqua diventi anche elemento caratterizzante dello spazio pubblico.

La progettazione multidisciplinare, in particolare degli ambiti di trasformazione urbanistica definiti dal PGT, può contribuire al miglioramento della gestione delle acque e all'equilibrio idrologico del territorio, ma anche valorizzare la presenza dell'acqua.



Esempio di riqualificazione urbana con inserimento nel paesaggio urbano di opere di drenaggio urbano sostenibile.

Il territorio di Carugo è caratterizzato da una esteso reticolo idrico, naturale e artificiale, costituito da rogge, tra le quali si evidenzia per l'interesse idraulico e storico, la roggia Borromeo (cfr. Relazione del Documento di Piano del PGT).



Carugo - La roggia Vecchia lungo Via per Gattedo



Carugo - La roggia Vecchia lungo Via Vittorio Veneto

4. Il trattamento delle acque di prima pioggia

Si definiscono “*acque di prima pioggia*” i primi 5 mm di precipitazione di un assegnato evento meteorico su una superficie impermeabile dotata di rete drenante.

Il trattamento solitamente si ottiene predisponendo vasche di prima pioggia od utilizzando sistemi di depurazione alternativi che garantiscano adeguati margini di sicurezza (fitodepurazione).

Qualora il trattamento delle acque di prima pioggia non fosse necessario, sarà comunque opportuno prevedere soluzioni tecniche per il contenimento dei deflussi superficiali, secondo i criteri che più avanti elencati.

Vasche di prima pioggia

Le vasche di prima pioggia hanno la finalità di trattenere in loco parte degli inquinanti veicolati dalle acque meteoriche, soprattutto quelle relative all'inizio dell'evento, permettendone il successivo invio all'impianto di depurazione o il loro trattamento locale. Possono essere realizzate in linea o fuori linea; nelle vasche in linea l'invaso è assicurato da un collettore di sezione maggiorata rispetto a quella caratteristica della fognatura.

Nelle vasche fuori linea l'invaso è ricavato in derivazione rispetto al collettore fognario e viene interessato dal deflusso solo quando la portata idrica supera un valore limite.

Gli invasi fuori linea sono di solito caratterizzati da maggiore efficacia.

Le vasche di prima pioggia accumulano quindi volumi idrici in occasione dell'inizio di eventi intensi, volumi spesso caratterizzati da qualità delle acque scadente.

Al termine dell'evento, detti volumi possono essere inviati al depuratore oppure trattati in loco.

Le tipologie costruttive delle vasche di prima pioggia sono estremamente diversificate.

Per serbatoi di ridotte dimensioni i costruttori propongono sistemi prefabbricati in materiale plastico per la raccolta delle acque e la separazione in loco delle sostanze inquinanti.

Sistemi alternativi alle vasche di prima pioggia

Le vasche di prima pioggia hanno la finalità di trattenere in sito parte degli inquinanti veicolati dalle acque meteoriche relative all'inizio dell'evento, permettendone il successivo invio all'impianto di depurazione o il loro trattamento locale.

Le vasche possono essere realizzate in linea o fuori linea; nelle vasche in linea, l'invaso è assicurato da un collettore di sezione maggiorata rispetto a quella caratteristica della fognatura.

Nelle vasche fuori linea l'invaso è ricavato in derivazione rispetto al collettore fognario e viene interessato dal deflusso solo quando la portata idrica supera un valore limite.

Gli invasi fuori linea sono di solito caratterizzati da maggiore efficacia.

Le vasche di prima pioggia accumulano volumi d'acqua all'inizio di precipitazioni intense, volumi spesso caratterizzati da qualità delle acque scadente, che al termine dell'evento, detti volumi possono essere inviati al depuratore oppure trattati in loco.

Per serbatoi di ridotte dimensioni i costruttori propongono sistemi prefabbricati in materiale plastico per la raccolta delle acque e la separazione in loco delle sostanze inquinanti.

a) - Aree a destinazione residenziale

Qualora il recapito delle acque meteoriche sia un sistema fognario esistente o un corpo idrico dovrà esserne verificata la capacità idraulica seguendo le indicazioni del Gestore del Servizio Idrico integrato o dell'Ente competente a seconda della natura/tipologia del corpo idrico interessato, prevedendo l'eventuale laminazione che si rendesse necessaria (vds esempio par. 9), al fine di limitare la portata.

b) - Aree a destinazione produttiva/commerciale

Nelle aree a destinazione produttiva/commerciale di cui al RR. n° 4/06, si devono realizzare opere di separazione delle acque di prima pioggia derivanti dalle superfici suscettibili di essere contaminate ed alla loro immissione nella fognatura nera aziendale o alla loro depurazione in loco.

L'art. 113 del D.Lgs. 152/2006 e del D.Lgs. 258/2000 riguardante le acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne afferma che vanno disciplinate "ai fini della prevenzione dai rischi idraulici ed ambientali", rimandando alle regioni l'autorità in materia.

Da un punto di vista cronologico, la prima regolamentazione ad affrontare l'argomento in modo diretto è la LR. 62/1985 relativa alla "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili delle fognature pubbliche e tutela delle *"acque di prima pioggia"* quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.

Lo stesso articolo stabilisce che, ai fini del calcolo delle portate, tale precipitazione deve considerarsi avvenire per una durata di 15 minuti e indica un *coefficiente di afflusso alla rete pari a 1 per le superfici lastricate o impermeabilizzate e pari a 0,3 per quelle permeabili.*

Successivamente, fu chiarito che devono considerarsi acque di prima pioggia risultanti da eventi meteorici che si succedono a distanza l'uno dall'altro non inferiore a 48 ore e provenienti da superfici scolanti di estensione superiore a 2000,00 m² (computati escludendo le aree a verde).

La necessità di avviare al trattamento le acque di prima pioggia richiede la predisposizione di opportuni volumi di immagazzinamento, vasche di prima pioggia, che consentano di immagazzinare tali acque onde rispettare le ridotte portate che caratterizzano normalmente gli impianti di depurazione (vds esempi seguenti).

Soluzioni alternative più recenti, ma ancora sperimentali, sono costituite da impianti filtranti in grado di trattare in continuo la portata defluente.

Tali impianti sono normalmente utilizzati nelle situazioni in cui non sia possibile inviare le acque di prima pioggia agli impianti di trattamento o per le quali sia consigliabile la depurazione di una maggiore frazione delle acque di dilavamento.

Nelle aree produttive, per favorire la gestione e il recupero delle acque provenienti dai tetti, è obbligatoria la predisposizione di una tripla rete separata: tetti, piazzali e fognatura.

c) - Parcheggi

In linea di principio, i parcheggi dovranno essere realizzati con pavimentazioni drenanti o permeabili al fine di consentire l'infiltrazione delle acque, minimizzando il deflusso superficiale.

Sono da preferire le pavimentazioni inerbite poiché consentono una migliore depurazione delle acque meteoriche.

Laddove non sia efficace la realizzazione di parcheggi drenanti in quanto il sottofondo o sottosuolo non hanno una permeabilità sufficiente, la raccolta e la depurazione delle acque di prima pioggia dovranno essere previste quando la superficie del parcheggio sia superiore a 500,00 m².

Dovrà essere dimostrata la presenza di almeno *1 metro di spessore di terreno rispetto al massimo livello piezometrico della falda*, che fungerà da strato filtrante.

In caso di mancato rispetto di tale condizione, i parcheggi saranno realizzati con pavimentazioni impermeabili e, se di superficie superiore a 500,00 m², dovrà essere garantito il trattamento delle acque di prima pioggia o il loro convogliamento in fognatura nera, previo consenso del Gestore del Servizio Idrico Integrato, mediante la realizzazione di vasche di accumulo.

d) - Strade

Le strade sono classificate in relazione alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, dal D.Lgs. 495/92.

A livello locale, il Piano Urbano del Traffico, ha classificato la rete stradale come:

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

F - bis - Itinerari ciclopeditoni.

Per la pavimentazione delle strade sono da preferire conglomerati bituminosi e calcestruzzi drenanti, particolarmente indicati per piccole strade, piste ciclabili e pedonali, spazi urbani

Per le nuove strade classificate come A e B e C dovranno sempre essere predisposti idonei dispositivi per il controllo delle acque di prima pioggia e degli sversamenti accidentali che potrebbero verificarsi a seguito di incidenti stradali.

Nelle aree di tutela delle acque sotterranee di cui alle Norme del Piano delle Regole e dello Studio geologico allegato al PGT, le tecnologie di cui ai paragrafi successivi (BMP) dovranno preservare la qualità delle acque sotterranee attraverso idonei mezzi filtranti o impermeabilizzazione, trattamento e successiva immissione in corpi idrici superficiali.

5. *Best Management Practices (BMP)*

Le soluzioni tecniche per la riduzione dei volumi idrici recapitati in fognatura, laddove non sia necessario prevedere il trattamento delle acque di prima pioggia, hanno anche l'obiettivo di migliorare la qualità delle acque recapitate nel recettore finale, garantire l'invarianza idraulica contenendo il deflusso superficiale, aumentando l'infiltrazione nel terreno e favorire la raccolta e il riutilizzo delle acque.

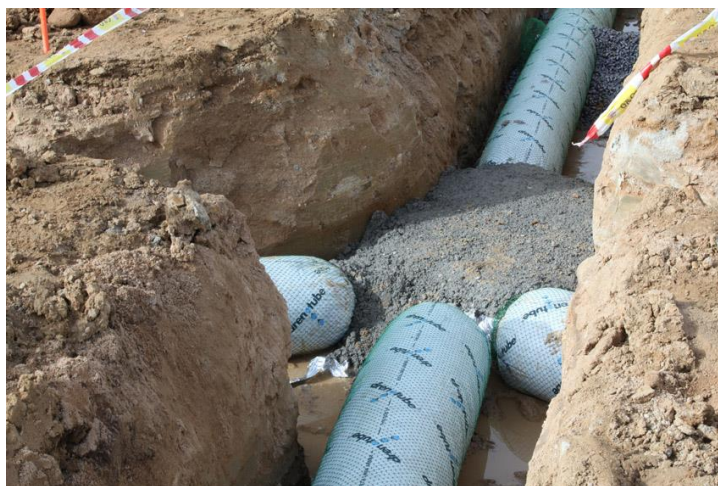
La letteratura include fra le BMP anche i sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia, la cui descrizione è già stata trattata.

Le BMP si distinguono in "non strutturali" e "strutturali".

Sono "non strutturali" i provvedimenti normativi e regolamentari, mentre quelle "strutturali" i sistemi di accumulo temporaneo delle acque e sistemi depurativi di diverso tipo (es. sistemi naturali, o estensivi, caratterizzati da costi di impianto e di esercizio contenuti).

Le BMP strutturali sono classificabili in tre categorie principali:

- 5.1 - Sistemi ad infiltrazione ed evaporazione
- 5.2 - Sistemi vegetati
- 5.3 - Sistemi di invaso sotterraneo.



Esempio di drenaggio senza ghiaia con geocomposito ("drenotube")

5.1 - Sistemi ad infiltrazione ed evaporazione

Si tratta di soluzioni tecniche che, anziché recapitare i volumi idrici interessati in fognatura o al corpo idrico recettore, facilitano l'infiltrazione di parte delle acque trattenute nel sottosuolo e l'evaporazione, senza alterare l'originario equilibrio idrico dell'area di intervento (se area non edificata) ovvero migliorando l'originaria condizione nel caso di aree produttive dismesse, riducendo le portate scaricate nei recettori e provvedendo almeno in parte alla ricarica delle falde sotterranee.

Tali sistemi sono idonei a trattare le acque che non presentano un carico inquinante elevato (tetti, parcheggi di piccole dimensioni, strade di minore importanza), sebbene la percolazione nel sottosuolo permetta di rimuovere parte degli inquinanti presenti poiché questi vengono trattenuti dal suolo e successivamente rimossi dai microrganismi in esso presenti.

I sistemi ad infiltrazione ed evaporazione sono particolarmente efficaci per il trattamento delle acque delle coperture, considerate acque non inquinate e che non necessitano di depurazione per il riutilizzo a fini non potabili o per essere smaltite direttamente nei corpi idrici recettori.

E' tuttavia opportuno evidenziare che alcune tipologie di tetti, a causa del materiale costitutivo, se non sono stati sottoposti a trattamenti

protettivi, possono indurre rilevante inquinamento delle acque in quanto possono rilasciare metalli quali rame, zinco e piombo.

I sistemi ad infiltrazione considerati sono i seguenti:

- Per il trattamento delle acque dai tetti:
 - *Pozzi asciutti*
 - *Tubi drenanti*
 - *Vasche verdi filtranti*
 - *Tetti verdi*
 - *Vasche di raccolta e riutilizzo*
- Per il trattamento delle acque delle strade e dei parcheggi:
 - *Pavimentazioni drenanti*
 - *Pavimentazioni permeabili*
 - *Canali inerbiti*
- Per il trattamento delle acque di scolo dalle aree urbanizzate in genere:
 - *Bacini di infiltrazione ed infiltration planters*
 - *Canali infiltranti.*

Nel merito vds, anche le "Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche della Provincia di Bolzano".

(<http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/gestionesostenibile-acque.asp>).

5.1.1 - Trattamento delle acque delle coperture

Sono state considerate le seguenti soluzioni:

- *Pozzi asciutti*
- *Tubi drenanti*
- *Vasche verdi filtranti*
- *Tetti verdi*
- *Vasche di raccolta e riutilizzo.*

Pozzi asciutti

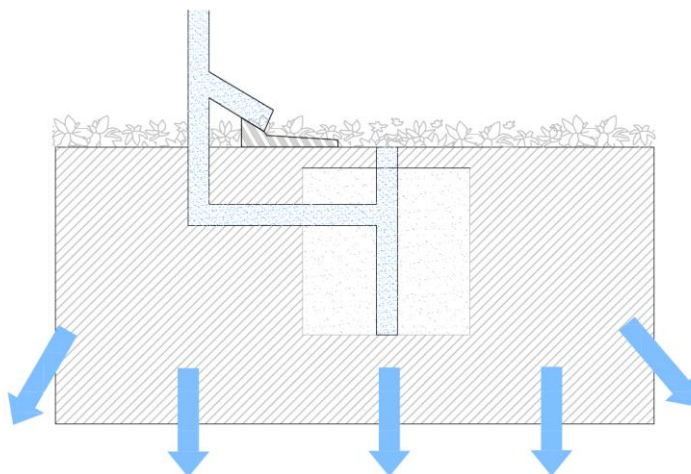
Si tratta di pozzi disperdenti utilizzati principalmente per raccogliere le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali o commerciali, in quanto inducono l'infiltrazione diretta delle acque senza prevedere un'azione di filtro da parte della vegetazione e del suolo e dunque sono indicati per acque pulite.

I pozzi asciutti possono ridurre notevolmente l'ammontare dei volumi delle acque piovane verso i recettori, grazie alla loro capacità di laminazione ed infiltrazione delle acque.

I pozzi asciutti sono posti in opera in uno scavo in profondità nel terreno, sono costituiti da un involucro di tessuto non tessuto riempito di ghiaia posto su di un letto di sabbia spesso circa 50 cm; il geotessuto viene posizionato anche all'entrata del pozzo come filtro e sostituito periodicamente.

E' necessario prevedere un sistema di sfioro dell'eccesso di portata di infiltrazione verso gli scoli artificiali o verso la rete delle acque superficiali.

Questo tipo di soluzione tecnica è utile soprattutto nelle aree extraurbane ove le acque dei tetti presentano buone caratteristiche, ma anche in ambito urbano con limitata superficie a disposizione se supportata da un pretrattamento con un'efficace sedimentazione.



Tubi drenanti

Si realizza infiggendo i pluviali nel terreno per una profondità opportuna, e prevedendo nella parte infissa una tubazione forata di diametro maggiorato affogata in un letto ghiaioso.

Una soluzione alternativa è quella di prevedere la posa di tubi disperdenti orizzontali attorno al perimetro dell'abitazione.

Anche questo tipo di soluzione tecnica è di interesse per una potenziale applicazione nelle aree extraurbane ove le acque dei tetti presentano buone caratteristiche.

Anche in questo caso è necessario prevedere un dispositivo di sfioro dell'eccesso di portata verso la rete delle acque superficiali.



Vasche verdi filtranti

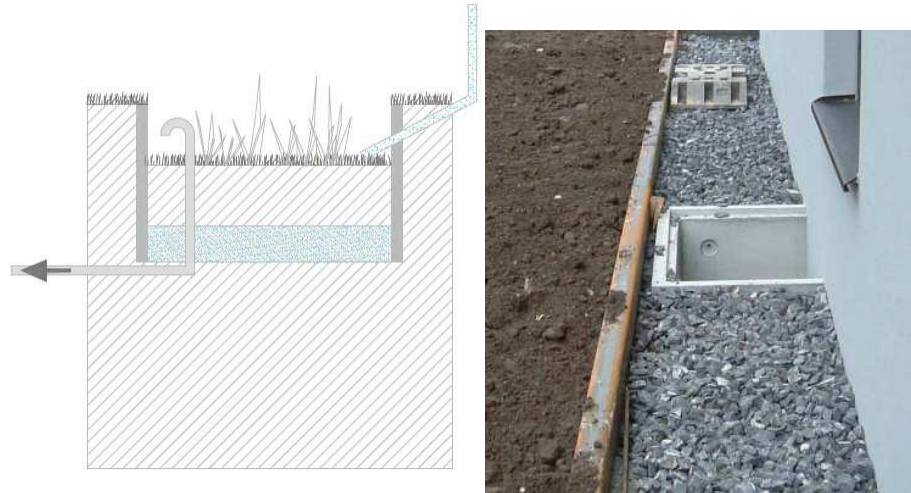
Le vasche verdi filtranti sono funzionali alla raccolta delle acque dei tetti e sono utilizzate in presenza di terreni con scarsa permeabilità, oppure quando si voglia evitare l'infiltrazione dell'acqua nel terreno.

Vengono solitamente posizionate a ridosso della costruzione per ricevere l'acqua dai pluviali, sono riempite di terreno ghiaioso e terra in cui crescono piante che hanno la capacità di filtrare gli inquinanti, abbassare la temperatura dell'acqua e ridurre il volume.

In questo modo l'acqua raccolta dal sistema fognario è minore, poiché parte dell'acqua è trattenuta dalla stessa vasca e successivamente evapotraspirata dalla vegetazione.

Normalmente sono dotate di tubazione per convogliare le acque in eccesso nella rete di scolo delle acque superficiali.

Questo tipo di soluzione tecnica è di interesse per una potenziale applicazione anche nelle aree ove la qualità delle acque raccolte non è buona. Infatti, le vasche verdi non prevedono rilascio nel terreno



Tetti verdi

Il tetto verde, è una soluzione costruttiva che realizza, anche solo parzialmente, la copertura con vegetazione, impiantata su uno strato di terreno separato dalla copertura dell'edificio da una membrana impermeabile.

Al fine di prevenire infiltrazioni di acqua nell'edificio e di fornire acqua alla vegetazione, il tetto verde è attrezzato con un sistema di drenaggio ed irrigazione.

Il tetto verde, oltre a trattenere parte delle acque meteoriche, può essere di ausilio all'isolamento termico dell'edificio e può anche contribuire alla mitigazione dell'effetto "isola di calore" nei centri abitati. Talvolta può essere progettato come luogo fruibile, aumentando in questo caso la qualità dello spazio urbano in cui si inserisce.

La letteratura presenta due tipologie principali di tetto verde: il tetto verde *intensivo*, di maggiore spessore (fino a 150 cm di terreno), che richiede maggiore cura sia in fase progettuale che in fase di manutenzione, ed il tetto verde *estensivo*, più sottile (di spessore fino a 15 cm) e quindi non idoneo ad ospitare vegetazione di grandi dimensioni.

Si usano specie arboree quali graminacee, aromatiche e sedum, che sono molto resistenti che si adattano a condizioni difficili ed anche a coperture inclinate. Il sistema di drenaggio deve essere comunque idoneo a smaltire le precipitazioni meteoriche estreme.

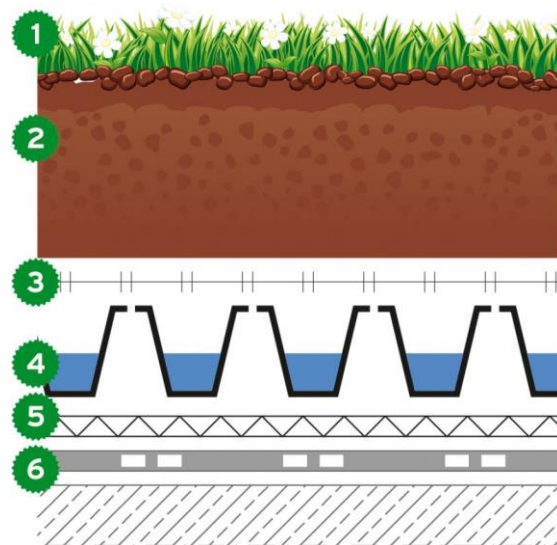
I tetti verdi forniscono un utile contributo per mantenere il ciclo naturale dell'acqua.

A seconda della stratigrafia del tetto verde si possono trattenere fra il 30% ed il 90% delle acque meteoriche.

Considerato l'effetto depurativo del verde pensile, l'acqua meteorica in eccesso può essere immessa senza problemi in un impianto d'infiltrazione oppure in una canalizzazione.

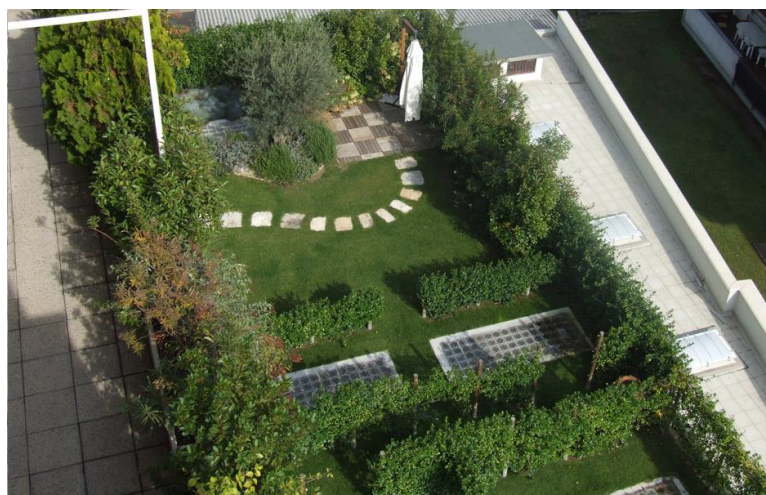
Il verde pensile inoltre comporta ancora ulteriori vantaggi:

- Laminazione, evaporazione e depurazione delle acque meteoriche.
- Miglioramento dell'isolamento termico.
- Miglioramento del microclima.
- Assorbimento e filtraggio delle polveri atmosferiche.
- Miglioramento della qualità della vita e della qualità del lavoro.



- 1 - **Strato di vegetazione** - inverdimento secondo la destinazione d'uso
- 2 - **Substrato** - strato filtrante strato che separa il substrato dallo strato drenante
- 3 - **Strato filtrante** - strato separazione del substrato dallo strato drenante
- 4 - **Strato drenante** - smaltimento dell'acqua in eccesso e accumulo idrico
- 5 - **Strato di protezione** - protezione meccanica del manto impermeabile
- 6 - **Manto impermeabile** - impermeabilizzazione antiradice





Vasche di raccolta e riutilizzo

La raccolta e l'utilizzo dell'acqua meteorica consentono un risparmio d'acqua potabile pregiata.

L'acqua meteorica è adatta soprattutto per innaffiare orti e giardini, per gli sciacquoni dei servizi igienici, per la lavaggio, per la pulizia della casa o come acqua di raffreddamento.

In questo modo sarebbe possibile utilizzare ca. 75 litri d'acqua meteorica per persona al giorno in sostituzione d'altrettanta acqua potabile, con un risparmio d'acqua potabile che può raggiungere il 50%.

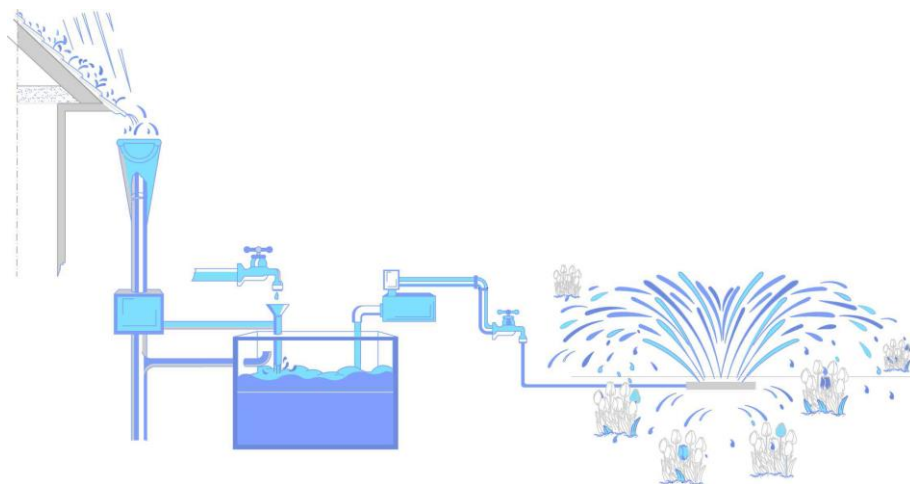
La vasca di raccolta delle acque di pioggia è una soluzione finalizzata al *riutilizzo delle acque meteoriche*.

Si tratta tipicamente di vasche collocate in cortili privati ove vengono raccolte le acque provenienti dai tetti.

L'acqua può essere riutilizzata per *l'irrigazione* ma anche per *usi non pregiati* all'interno delle abitazioni, prevedendo impianti di distribuzione separati.

Un sistema completo è costituito da: serbatoio, filtro, pompa (solitamente centrifuga), rete di condotte con sistema di integrazione di acqua potabile (rubinetti contrassegnati come acqua non potabile), scarico di troppo pieno. Il troppo pieno è preferibile che sfiori verso un sistema d'infiltrazione e che la tubazione sia protetta dall'ingresso di eventuali animali o insetti.

La capacità delle vasche è variabile da 2.000 a 5.000 litri in relazione alla presenza o meno di orti e spazi verdi.



5.2.1 - *Trattamento delle acque delle strade e dei parcheggi*

Per il trattamento delle acque delle strade e dei parcheggi si suggeriscono le seguenti soluzioni:

- *Pavimentazioni drenanti e permeabili*
- *Canali inerbiti.*

Pavimentazioni drenanti e permeabili

Le *pavimentazioni drenanti* sono una valida alternativa ai convenzionali lastricati di marciapiedi, zone pedonali e parcheggi per cui si propone di ridurre l'estensione di superfici impermeabili e conseguentemente di minimizzare il deflusso superficiale. Le pavimentazioni drenanti sono da utilizzare anche per gli spazi pertinenziali privati (vds pag. 78, Manuale di drenaggio urbano- settembre 2015 – Regione Lombardia, Ersaf, Milano).

Lo strato superficiale della pavimentazione è solitamente realizzato utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare, in materiale lapideo o sintetico.

L'efficacia di una pavimentazione permeabile dipende, oltre che dalla corretta esecuzione e manutenzione dello strato più superficiale, anche dalla tipologia degli strati sottostanti posti fra quello più superficiale e il terreno di base.

A sua volta tale tipologia dipende dalla natura del sottosuolo: qualora questo possieda già buone caratteristiche drenanti, gli strati superiori hanno solo la funzione di vettori delle portate infiltrate e di eventuale filtro nei confronti degli inquinanti da esse veicolate.

Quando non sussistano invece le garanzie di permeabilità del sottosuolo, l'intera pavimentazione assume un ruolo di accumulo, anche se temporaneo, delle acque infiltrate, che vengono gradualmente restituite al sistema drenante.

In ogni caso, le pavimentazioni drenanti possono essere utilizzate quando non sussista il pericolo di rilascio di sostanze inquinanti (circostanza che impone il trattamento delle acque di prima pioggia) e quando il livello di falda, sia inferiore rispetto al piano stradale di almeno 1 metro.

Le pavimentazioni permeabili sono costituite da asfalto mescolato con componenti fini in modo da creare piccoli pori attraverso cui passa l'acqua.

Viene ottenuta così una superficie più ruvida detta "popcorn mix".

La pavimentazione permeabile deve garantire un'infiltrazione di 10 mm di acque di pioggia.

Poiché lo strato più superficiale della pavimentazione tende ad occludersi occorre eseguire una periodica pulizia con macchine pulitrici a getti di pressione.

La presenza di pori permette all'acqua di filtrare attraverso la superficie ed essere assorbita dal terreno, in questo modo la pavimentazione è anche meno vulnerabile a rottura a causa di ghiaccio.

Per la realizzazione dei marciapiedi, strade ciclabili o piazzali in zone urbane dove la permeabilità del terreno è scarsa, si possono utilizzare cementi porosi o strati di ghiaie dalle più grosse alle più fini in modo da assicurare l'infiltrazione delle piogge nel sottosuolo.

L'obiettivo di garantire la permeabilità necessaria alla pavimentazione si ottiene grazie alla realizzazione di due strati di ghiaia o pietrisco di pezzatura non superiore ai 4 cm e spessi almeno 10 cm.

Lo strato di sabbia di almeno 10 cm al di sotto della ghiaia è necessario per filtrare le acque dagli inquinanti.

Si crea così una "struttura serbatoio" che oltre ad aiutare l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo ha anche capacità di accumulo e laminazione.

Le pavimentazioni permeabili operano filtrazione degli inquinanti migliorando così la qualità delle acque raccolte.

Tuttavia, nelle situazioni ove è necessario il trattamento delle acque di prima pioggia non devono essere utilizzate, o debbono essere accoppiate con un sistema di trattamento delle acque filtrate che garantisca adeguata sicurezza.





Canali inerbiti

I canali inerbiti sono canali rivestiti da erba o piante resistenti all'erosione, costruiti per far defluire le acque di pioggia provenienti dalle superfici impermeabili in maniera regolare, sfruttando la capacità della vegetazione di ridurre le velocità di flusso. Non vengono di norma utilizzati per controllare i picchi di portata, bensì per depurazione mediante il principio del *biofiltro*.

Infatti, i canali inerbiti sono spesso utilizzati per il trattamento delle acque di prima pioggia provenienti dalle strade.

Gli inquinanti possono essere rimossi dalle acque attraverso processi di filtrazione da parte della vegetazione, per deposizione, oppure in alcuni casi per infiltrazione nel terreno dei nutrienti in forma solubile.

Il grado di depurazione raggiungibile dipende soprattutto dal tempo di residenza delle acque nel canale e dal grado di contatto di queste con la vegetazione e con la superficie del terreno.

Nel caso di pendenze eccessive i canali inerbiti possono presentare sul fondo del letto delle depressioni o delle piccole paratoie in grado di rallentare ulteriormente i flussi e aumentare la capacità di ritenzione idraulica.

I parametri idraulici da controllare durante la progettazione dell'azione di biofiltro sono: la lunghezza del canale, la pendenza longitudinale e l'altezza del tirante idrico.

È opportuno assicurare, per la portata di progetto, un tempo di permanenza dell'acqua di almeno 5 minuti, una velocità di scorrimento non superiore a 0,3 m/s e prevedere che il battente idrico sia comparabile all'altezza del manto erboso.

Le sezioni maggiormente utilizzate sono larghe e di diversa forma: triangolare, rettangolare, trapezia e parabolica.

La manutenzione della vegetazione richiede periodiche ispezioni, rasature dell'erba, applicazione di fertilizzanti e ripristino delle aree dilavate e delle macchie scoperte. In particolare i sedimenti depositati possono distruggere il manto erboso e alterare l'altezza degli argini rischiando di compromettere l'uniformità del flusso lungo il canale.

Pertanto possono essere necessari periodici livellamenti e semine.

Qualora sia prevista una componente vegetazionale, deve essere progettata garantendo bassi oneri di manutenzione.

Questo tipo di soluzione tecnica è utile soprattutto nelle strade extraurbane ove le acque non sono raccolte dalla rete fognaria.

L'intervento ha inoltre il grande vantaggio di poter essere inserito in maniera ottimale nel paesaggio, la presenza di vegetazione e la presenza di acqua può inoltre generare un incremento positivo della biodiversità.

5.3.1 - Trattamento delle acque in zone urbanizzate

Per il trattamento delle acque di scolo dalle aree urbanizzate:

- Bacini di infiltrazione ed infiltration planters;
- Canali infiltranti.

Bacini di infiltrazione ed infiltration planters

I bacini di infiltrazione sono *invasi artificiali* di profondità pari a circa 0,3 - 0,6 m che immagazzinano temporaneamente le acque meteoriche e nei quali viene piantumata vegetazione idonea a favorire il decadimento delle sostanze inquinanti.

Le piante aiutano il sistema a trattenere gli inquinanti mentre le radici favoriscono la permeabilità del suolo, per cui contribuiscono ad aumentare l'efficienza del bacino stesso.

I bacini di infiltrazione sono progettati per contenere acqua per un periodo di tempo che di solito non eccede le 48 - 72 ore successive all'evento meteorico per prevenire lo sviluppo di zanzare e di odori molesti e nel contempo per preparare il bacino ad accogliere un eventuale nuovo volume di acqua prodotto da un evento meteorico successivo.

Il loro scopo principale è quello di trasformare un flusso d'acqua da superficiale a sotterraneo e di rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione, l'assorbimento e la conversione biologica mentre l'acqua percola attraverso il suolo e la vegetazione.

I bacini di infiltrazione vengono realizzati su terreni a elevata permeabilità (almeno 13 mm/h) e sono normalmente concepiti per servire superfici di drenaggio di elevate dimensioni.

Una variante dei bacini di infiltrazione è costituita dai cosiddetti "infiltration planters", che sono invasi di accumulo di piccole dimensioni (dell'ordine dei 8 - 12 m², finalizzati all'invaso di un volume idrico di 0.8 - 1.2 m³), che possono essere realizzati, ad esempio, all'interno degli spazi di separazione dei posti auto nei parcheggi



Invasi di piccole dimensioni in aree parcheggio (Figura tratta dal contributo

"Come affrontare il rischio idraulico nella pianificazione urbanistica", di A. Paoletti,

http://www.csdu.it/CONVEGNI/2011/CREMONA/Cremona%2711_Paoletti-csdu-PoliMI_pres.pdf).

Canali filtranti

E' normalmente adottati nell'ambito di aree urbanizzate, sostanzialmente sono canali riempiti di materiale a porosità elevata, in grado di contenere temporaneamente le acque di pioggia, che poi in parte infiltrano nel sottosuolo e in parte (in caso di eventi meteorici intensi) vengono convogliate verso l'uscita ed inviate o ad una rete drenante di acque bianche o restituite all'ambiente (eventualmente previo un ulteriore trattamento se necessario).

Le acque di pioggia drenate vengono fatte fluire per deflusso naturale o tramite canalette verso la trincea filtrante.

La trincea viene riempita con ghiaia di granulometria fine per favorire processi di filtrazione ed assorbimento delle sostanze inquinanti dilavate durante l'evento meteorico; in superficie viene steso uno strato di terreno in modo da ottenere una superficie inerbata, mentre apposite soglie favoriscono il trattenimento delle acque meteoriche.

La trincea deve essere dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo entro 12 - 24 h dalla fine dell'evento di pioggia.

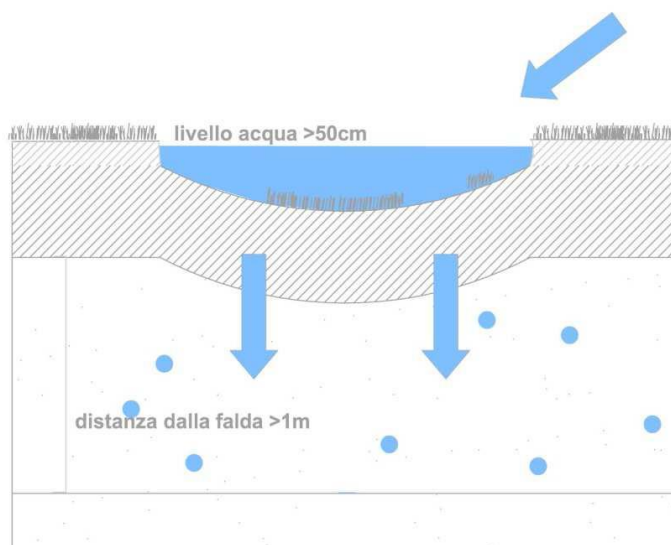
Le acque di seconda pioggia vengono smaltite dal canale una volta che, saturata la capacità di filtrazione della trincea, si instaura una componente di moto orizzontale verso le apposite caditoie di raccolta, evitando così ogni rischio di fuoriuscite.

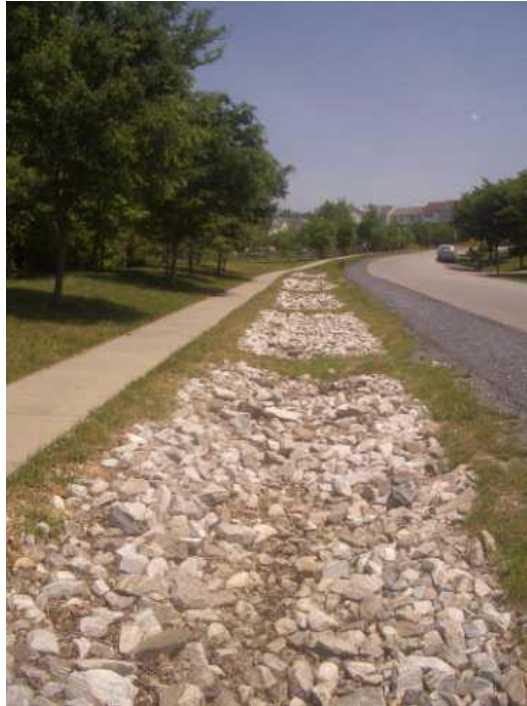
Sono particolarmente adatti a strade e parcheggi; adottando opportune sezioni di smaltimento possono permettere il collettamento delle acque verso il recettore finale anche senza allacciarsi alla fognatura.

Il canale infiltrante è una via di scorrimento preferenziale nel sottosuolo realizzata con posa in opera di ghiaia di idonea pezzatura, che viene generalmente ricoperta di vegetazione ma che può essere anche mantenuto a cielo aperto.

Il canale, essendo formato da materiale poroso, è in grado di contenere temporaneamente le acque di pioggia.

Queste possono infiltrare dal fondo nel sottosuolo, mentre i volumi eccedenti la capacità di infiltrazione possono essere convogliati attraverso il canale verso un sistema successivo di ritenzione o trattamento.





I canali infiltranti, in questo caso inverditi, se realizzati nello spazio pubblico possono divenire elementi di riqualificazione legati anche alla fruizione e al tempo libero (foto: Parc Clichy, Parigi)

Sistemi vegetati - fitodepurazione

I sistemi vegetati hanno l'obiettivo principale di contenere le acque meteoriche e si suddividono sostanzialmente in tre tipologie principali:

- Fasce filtro;
- Aree tampone/umide;
- Canali inerbiti.

I sistemi naturali aiutano a laminare le acque e ridurre l'inquinamento; possono consistere in semplici aree verdi dove vengono accolte temporaneamente le acque di prima pioggia, come i *canali inerbiti* in precedenza trattati, oppure stagni ove l'acqua è immagazzinata in forma permanente, fino ai *sistemi di fitodepurazione* che sfruttano la *bioretention* cioè la capacità di determinate piante di assorbire gli inquinanti dall'acqua depurandola.

Obiettivo di queste soluzioni è cercare di emulare il sistema naturale di depurazione e laminazione delle acque attraverso tecniche che non richiedano energia e non siano impattanti.

Un esempio significativo sono le aree umide che, oltre ad essere un habitat per fauna e flora locale, raccolgono e depurano le acque, restituendole lentamente ai corsi d'acqua.

E' importante notare che le tecniche di fitodepurazione, che rispetto ai sistemi ad infiltrazione presentano il notevole vantaggio di perseguire caratteristiche qualitative per le acque disperse nel sottosuolo, hanno necessità di manutenzione accurata ed in particolare di irrigazione sufficiente durante i periodi di scarsità d'acqua.

Per l'approfondimento di tali tecniche si rimanda alla letteratura specifica sul tema.

Sistemi di invaso sotterraneo

La modulazione delle portate smaltite dalla rete fognaria può anche essere ottenuta predisponendo sistemi di invaso sotterraneo.

Questo tipo di interventi non riduce i volumi affluiti alla rete, ma permette tuttavia di ottenere benefici significativi riducendo la portata di picco.

La tecnica di invaso sotterraneo più nota è quella costituita dalla posa in opera di vasche di laminazione. Dette vasche necessitano di manutenzione continua.

La letteratura e la pratica professionale hanno più volte evidenziato le criticità che le vasche di laminazione presentano dal punto di vista delle loro gestione e manutenzione.

E' essenziale che, in fase progettuale, siano ben definite le competenze al riguardo, per un orizzonte temporale pari alla vita attesa dell'opera.

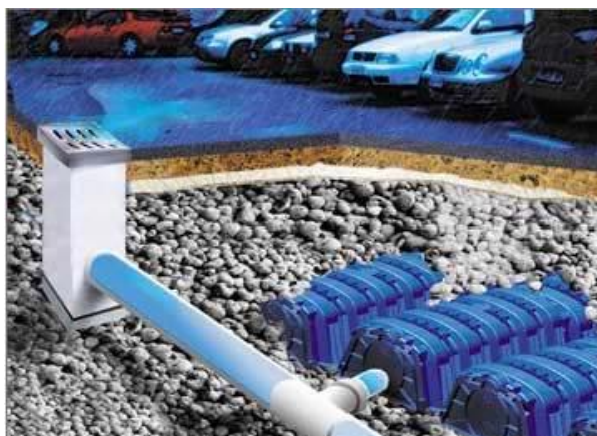
Nonostante le vasche di prima pioggia possano in alcuni casi essere efficacemente utilizzate quali vasche di laminazione, è bene tenere ben distinte le loro finalità.

Le vasche di laminazione non sono funzionali al miglioramento della qualità delle acque, ma solo alla modulazione dei volumi idrici riversati in rete. Ultimamente, si è diffusa largamente la tecnica che consiste nella posa in opera di tubi di sezione maggiorata in punti strategici della rete, i cosiddetti "super tubi".

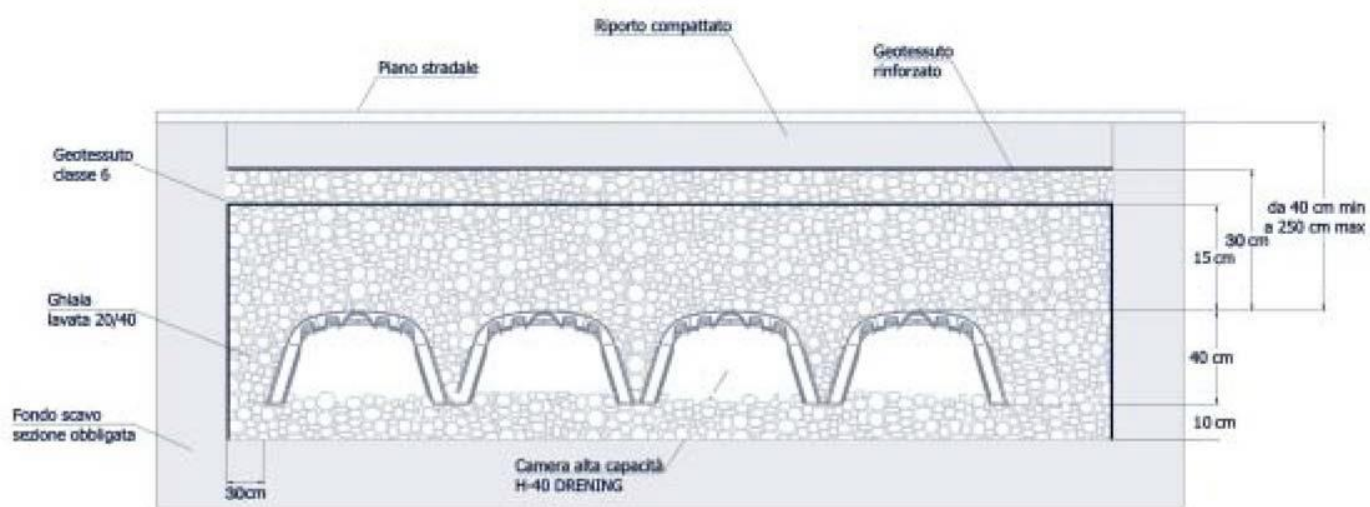
Con una gestione oculata dell'invaso operato dal supertubo è possibile ottenere modulazioni efficaci.



Invasi sotterranei in super tubi (Figura tratta dal contributo "Come affrontare il rischio idraulico nella pianificazione urbanistica", di A. Paoletti, http://www.csdu.it/CONVEGNI/2011/CREMONA/Cremona%2711_Paoletti-csdu-PoliMI_pres.pdf).



Esempio con utilizzo di cupole prefabbricate



Esempio di vasca posta nell'ambito di un parcheggio.



Esempio con utilizzo di strutture miste di cemento armato e componenti prefabbricate leggere.

6. Esempio di Relazione di calcolo di una vasca di laminazione

Posto, che attualmente la Regione Lombardia non è dotata di norme sull'argomento, ed in particolare sull'invarianza idraulica, il Comune di Carugo, sulla base di un progetto di legge (deliberazione n. IX/4052 del 19/09/2012) "*Norme per la difesa del suolo e per la gestione dei corsi d'acqua della Lombardia*" che propone modifiche alla LR. 12/2005 in merito all'applicazione del principio di invarianza idraulica, dell'invarianza idrologica e del drenaggio urbano sostenibile.

Il progetto di legge rimanda ad un apposito regolamento (non ancora emanato) con criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e possibilmente idrologica.

Allo stato, le norme a cui fare riferimento in Regione Lombardia sono le seguenti:

- DGR. n. 8/2244 del 29/03/2006 (*Approvazione del Programma di tutela ed uso delle acque ai sensi dell'art. 44, del D.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della LR. 26/2003*), che riguardano (*Appendice G – Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura - art. 2.3*), Decreto Direttore Generale n. 8943 del 03/08/2007 (*Linee guida di polizia idraulica*)

Entrambi i provvedimenti citati contemplano l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei ricettori e comunque entro i seguenti limiti:

- 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziali o riguardanti attività commerciali o di produzione di beni.
- 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree già dotate di reti fognarie.

L'invarianza idraulica di una determinata area di intervento, deve garantire che la trasformazione in progetto non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico che riceve i deflussi superficiali originati dalla stessa.

Al fine di definire correttamente i valori di portata delle acque meteoriche affluenti al corpo recettore prima e dopo la trasformazione in progetto dell'area è necessario individuare il valore del coefficiente di deflusso delle varie superfici che contribuiscono alla formazione delle portate.

Il rapporto tra il volume totale dei deflussi superficiali ed il volume totale degli afflussi meteorici, noto come *coefficiente di assorbimento (o di deflusso)*, è il primo parametro da prendere in considerazione nell'individuazione delle caratteristiche del territorio che contribuiscono a formare una legge di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali: in parole molto semplici tale parametro rappresenta la

percentuale di acqua piovuta sul terreno che raggiunge il recapito finale. L'individuazione di coefficienti di deflusso il più possibile vicini alla realtà tiene conto di analogie con valori riportati nella letteratura tecnica in funzione delle tipologie urbane.

E' dimostrato,¹ che mentre negli eventi meteorici di piccola e media entità il coefficiente di deflusso assume valori molto variabili (tanto da poter essere considerato alla stregua di una variabile casuale), negli eventi più intensi, che sono quelli interessanti per i problemi di verifica e dimensionamento di un collettore di fognatura, i valori del coefficiente di deflusso sono molto vicini al valore del coefficiente di impermeabilità inteso come rapporto tra la superficie impermeabile direttamente servita dalla rete fognaria e la superficie totale.

Per l'assegnazione dei coefficienti di deflusso alle tipologie urbane che caratterizzano le aree da servire mediante tombinatura (ad es. coperture, piazzali) e le aree a verde si assumono i valori consigliati dalle normative tedesche emanate dall'A.T.V. (*Abwassertechnische Vereinigung*), valori adottati dal Comitato Istituzionale della Regione Emilia Romagna n. 3/2 del 2003.

Esempio di valori dei coefficienti di deflusso

ZONE S1: piazzali e strade asfaltate - *coefficiente di deflusso:* $\Psi = 0,90$

ZONE S2: coperture piane di edifici - *coefficiente di deflusso:* $\Psi = 0,90$

ZONE S3: parcheggi masselli autobloccanti - *coefficiente di deflusso:* $\Psi = 0,80$

ZONE S4: superfici a verde - *coefficiente di deflusso:* $\Psi = 0,20$

Il metodo di verifica indicato, si propone di individuare i parametri idraulici che regolano la correlazione esistente tra afflussi alla tombinatura e deflussi nelle previsioni progettuali.

La determinazione della portata delle acque meteoriche è correlata alla curva di possibilità pluviometrica della zona interessata dagli eventi rappresentata dalla generica equazione:

$$h = a \cdot t^n$$

Dove:

h = altezza di pioggia [mm];

t = corrispondente durata [ore];

a = altezza di pioggia di durata unitaria [mm/ora];

n = esponente numerico < 1

L'equazione esprime (sulla base di rilevazioni pluviometriche locali analizzate statisticamente) la massima altezza di pioggia di un evento avente la possibilità di essere eguagliata o superata una sola volta durante un prefissato periodo di tempo **T** (tempo di ritorno espresso in anni) in funzione della durata dell'evento stesso (ore).

La curva di possibilità pluviometrica è stata dedotta elaborando statisticamente i valori delle piogge intense registrate a pluviografi significativi per l'area oggetto d'intervento.

L'equazione considerata si riferisce ad eventi di durata 1-3-6-12-24 ore registrati nel periodo 1948 - 1996 nella stazione pluviometrica di **COMO**; per tempi di ritorno **T = 10 anni** (tempi normalmente adottati per il dimensionamento dei collettori fognari) è rappresentata dalla formula:

$$h = 48,10 \cdot t^{0,28} \quad \text{per durate } t > 1 \text{ ora}$$

Si evidenzia che l'esponente *n* generalmente assume valori differenti al variare della durata *t* della pioggia e che le informazioni pluviografiche sono di norma sufficienti per stimare l'esponente per *t* > 1 ora, ma carenti per le durate inferiori ad 1 ora.

¹ A. PAOLETTI - *Effetti meteorici e formazione dei deflussi nei bacini urbani* - VII Corso di aggiornamento in ingegneria dei sistemi fognari - Milano, 1990

Allo stato, ci si riferisce ai Criteri di pianificazione del *"Piano di risanamento delle acque della Regione Lombardia"*.

Nel paragrafo riguardante il *"Calcolo delle portate meteoriche per il dimensionamento o la verifica dei collettori"*, nella valutazione della curva di possibilità pluviometrica caratterizzante la zona in esame, l'esponente n assume valori differenti n_1 e n_2 validi rispettivamente per le durate inferiori e superiori all'ora: il PRRA considera valori di n_1 maggiori di 0,20 rispetto ai valori di n_2 e, pertanto, per la determinazione delle portate di calcolo viene adottata la seguente formula:

$$h = 48,10 \cdot t^{0,48} \quad \text{per durate } t \leq 1 \text{ ora}$$

Il calcolo della portata massima si basa sulla applicazione del metodo diretto (o dell'invaso) tramite la formula:

$$Q_{\max} = u \cdot S \quad [\text{l/sec.}] \text{ dove}$$

Q_{\max} = portata massima delle acque meteoriche nella sezione di verifica;

S = area della superficie scolante sottesa dalla sezione di verifica [ha];

u = coefficiente idrometrico; rappresenta la portata di massima piena nella sezione di verifica per unità di superficie del comprensorio esaminato [l/sec · ha].

Il valore del coefficiente u è ricavabile dalla seguente espressione:

$$u = 2168 \cdot n' \cdot \frac{(\Psi_1 \cdot a)^{1/n'}}{W^{(1/n' - 1)}}$$

In questa espressione si evidenziano i termini Ψ_1 , n' e W :

Ψ_1 rappresenta il coefficiente di deflusso medio ponderale fra i coefficienti di deflusso Ψ delle zone omogenee facenti parte del bacino da verificare.

n rappresenta l'esponente della legge di possibilità pluviometrica.

n' rappresenta un valore maggiorativo di n per tenere conto del fatto che il coefficiente di assorbimento è funzione anche dell'intensità di pioggia e della durata dell'evento; si considera $n' = 4/3 \cdot n$

W rappresenta l'invaso massimo disponibile a monte della sezione considerata per unità di area scolante.

W è dato dalla somma dei due termini:

$$W = W_0 + W_1 \text{ dove:}$$

W_0 = capacità dei piccoli invasi superficiali considerata pari a 40 m³/ha

W_1 = capacità di invaso dei collettori a monte della sezione

Ai fini dei calcoli W è stato ricavato utilizzando la seguente formula empirica:

$$W = W_0 \cdot (1 + 0,29 \cdot S^{0,227})$$

dove S , espressa in ettari, rappresenta l'area del bacino scolante.

Ultimo parametro da prendere in considerazione è la durata critica T_0 della pioggia, ossia la durata che determina la massima piena.

Tale valore, ricavato tramite la formula di De Marchi:

$$T_0 = (2,6 + n') \cdot (W / \Psi_1 \cdot a)^{1/n'} \quad [\text{ore}]$$

dovrà ricadere nell'intervallo di validità dell'equazione delle piogge.

Laminazione delle portate

Il dimensionamento della vasca di laminazione delle portate convogliate al corpo ricettore deriva dalla determinazione della capacità d'invaso W_m atta a contenere il più critico evento meteorico di assegnato tempo di ritorno. La capacità d'invaso dipende dal valore della portata in ingresso alla vasca e dal valore di portata massima accettabile all'uscita Q_{umax} .

Vi sono vari metodi pratici di dimensionamento ed i fattori che influiscono sull'effetto di laminazione e che costituiscono oggetto del dimensionamento sono:

- La geometria della vasca
- Le caratteristiche dei dispositivi di scarico
- Il volume massimo utile W_m della vasca