



L.R. 23 novembre 2011, n. 22- Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle leggi regionali 5 agosto 1992, n. 34 "norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio" e 8 ottobre 2009, n. 22 "Interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile"

(art. 10, comma 4)

**CRITERI, MODALITÀ E INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE
PER LA REDAZIONE
DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE
E PER L'INVARIANZA IDRAULICA
DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI
(Delibera di Giunta Regionale n. 53 del 27/1/2014)**

LINEE GUIDA

(Titolo I – Paragrafo 1.4)

**“B” - SVILUPPO DELLA
VERIFICA PER L'INVARIANZA IDRAULICA -
(N.B.: IN CALCE SONO ALLEGATI CRITERI DI ORIENTAMENTO
PER LA SCELTA DEI DISPOSITIVI IDRAULICI
E SCHEDE MONOGRAFICHE)**

| | |
|---|-----------|
| B.1. PREMESSE | 3 |
| B.2. MODALITÀ DI CALCOLO DEI VOLUMI E DEGLI INVASI DI COMPENSAZIONE DELLA IMPERMEABILIZZAZIONE..... | 6 |
| B.3. INDICAZIONI PER LE AREE DI TRASFORMAZIONE URBANA..... | 8 |
| B.4. INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE | 12 |
| B.5. INDICAZIONI PER LE AREE DI VERSANTE E DI COLLINA..... | 20 |
| B.6. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI | 21 |
| <i>B.6.1 Caratteristiche di uso del suolo</i> | <i>21</i> |
| <i>B.6.2 Caratteristiche del terreno</i> | <i>22</i> |
| <i>B.6.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste</i> | <i>22</i> |
| <i>B.6.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche.....</i> | <i>23</i> |
| APPENDICE A: TABELLA DI ORIENTAMENTO NELLA SCELTA DEI DISPOSITIVI..... | 25 |
| <i>Schede di opere tipologiche.....</i> | <i>26</i> |
| B.7. BIBLIOGRAFIA..... | 60 |

B.1. PREMESSE

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e la laminazione superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso", il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore. Il secondo processo, influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree contermini, agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce un'artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato.

Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili. L'urbanizzazione degli ultimi decenni ha configurato situazioni di rischio idraulico significative conseguentemente alla perdita di capacità di invaso del territorio connessa alla sensibile riduzione dei volumi del drenaggio minuto (scoline, fossi...).

Alla luce di quanto descritto, si pone il problema, nella pianificazione, sia di bacino che non, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico. In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve invece prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001).

La L.R. n. 22 del 23 novembre 2011 introduce all'art. 10, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito nel seguente modo:

"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."

A seguito dell'introduzione delle prescrizioni riguardo all'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, ed a specificazione delle indicazioni già fornite al Titolo III del documento contenente *"Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della Verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'Invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali"* si forniscono pertanto ulteriori elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione delle impermeabilizzazioni.

È da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso di laminazione-raccolta, di cui all'art. 13 della suddetta L.R. n. 22 del 2011, a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.

Tali prestazioni, come sopra descritto, sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" dei deflussi:

- a) l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso);
- b) la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che si propone prevede la compensazione delle riduzioni sul meccanismo sopra individuato con la lettera a) attraverso il potenziamento del meccanismo individuato con la lettera b).

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse *fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore*, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

A esclusione di tali circostanze particolari, è importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Per questo, il criterio contenuto nella L.R. n. 22 del 2011 si applica, per equità, a tutto il territorio regionale, senza distinzione fra pianura e collina-montagna, salvo disposizioni più restrittive approvate dalle norme di attuazione dei piani di bacino/distretto o da altri strumenti di settore ricadenti all'interno dello stesso territorio regionale; inoltre, esso tiene conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiede azioni compensative proporzionate di conseguenza; infine, il criterio consente di tenere in considerazione i benefici derivanti dalla realizzazione di reti di drenaggio (fognature) nelle quali avviene in certa misura una laminazione delle piene.

E' inoltre importante ricordare che l'invarianza idraulica non deve solo essere riferita alla portata scaricata, infatti per garantirla concorrono altri gli aspetti necessari. In particolare si evidenziano:

- a) *L'invarianza del punto di recapito.* Oltre a mantenere invariata la portata generata dal lotto oggetto di trasformazione è infatti opportuno convogliare le acque nel medesimo ricettore dello stato di fatto, ciò consente di non aggravare altre reti;
- b) *Le quote altimetriche.* Nel passato, spesso, la realizzazione di nuove lottizzazioni comportava l'innalzamento del piano campagna con conseguenti forti disagi per le aree limitrofe, fortemente percepibili in assenza di opportuni studi di carattere idraulico. A tutela delle aree limitrofe è dunque buona norma mantenere inalterata la quota del piano campagna oggetto di trasformazione;
- c) *La capacità di scolo delle aree limitrofe.* Altro importante aspetto da valutare è la capacità di deflusso delle aree limitrofe all'area di intervento. Per la realizzazione delle nuove lottizzazioni spesso appare necessario tombare piccole affossature, scoline o fossi di campagna. L'eliminazione di tali sistemi, oltre a ridurre notevolmente il volume di invaso distribuito sul territorio (volume che, in aggiunta a quello necessario a garantire l'invarianza della portata scaricata, va realizzato e collegato ai sistemi di scolo preesistenti) può comportare l'impossibilità di scarico delle aree afferenti a tali fossi/scoline. È opportuno dunque, qualora sia strettamente necessario, procedere con la chiusura di tali sistemi, realizzarne di nuovi capaci (in termini di dimensioni e quote) di raccogliere le acque provenienti dalle aree di monte, se necessario trattenerle, e convogliarle verso valle. Di norma è dunque consigliato realizzare al confine delle aree di intervento dei fossi o delle condotte di "gronda" che mantengono idraulicamente isolata la nuova lottizzazione dal resto del territorio e al contempo consentano il deflusso delle aree limitrofe.

Particolari condizioni al contorno potrebbero rendere impossibile la coesistenza di tutti i punti sopra elencati necessari a garantire l'invarianza idraulica. In questi casi è necessario che il professionista contatti gli enti gestori competenti per definire eventuali ulteriori accorgimenti o compensazioni.

B.2. MODALITÀ DI CALCOLO DEI VOLUMI E DEGLI INVASI DI COMPENSAZIONE DELLA IMPERMEABILIZZAZIONE

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w=w^{\circ} (\phi/\phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ}P \quad (1)$$

essendo $w^{\circ}= 50$ mc/ha, ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione, ϕ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione, I e P espressi come frazione dell'area trasformata e $n=0.48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta – orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997). Per le classi denominate come "Significativa" e "Marcata" impermeabilizzazione come di seguito definite nel presente Titolo è ammesso l'utilizzo di un valore diverso del parametro n qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ° si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^{\circ} = 0.9I_{mp} + 0.2 P_{er} \quad (2-a)$$

$$\phi = 0.9I_{mp} + 0.2 P_{er} \quad (2-b)$$

in cui I_{mp} e P_{er} sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice $^{\circ}$) o dopo (se non c'è l'apice $^{\circ}$).

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I); è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I;
- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti;
- quota dell'area da ritenersi permeabile (Per): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione;

d) quota dell'area da ritenersi impermeabile (Imp) : tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.

Oltre che alla superficie territoriale S_t , il calcolo dei valori I , P , Imp e Per , può essere riferito anche alla superficie dell'intero bacino scolante, S_b , di cui l'area dell'intervento fa parte. In questo caso, il volume w ottenuto con la formula (1) [mc/ha] deve essere moltiplicato per la superficie S_b [ha].

Nei due casi si ottiene un valore sostanzialmente equivalente e la scelta della superficie di riferimento è essenzialmente legata a motivi di praticità. In caso di significative discrepanze nei due valori calcolati, si consiglia di adottare il valore più cautelativo.

Si noti che gli indici Imp ed I , Per e P sono concettualmente diversi: Imp e Per servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale (che esprime la capacità del lotto di accettare le piogge prima di generare deflussi superficiali), mentre I e P rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata e inalterata (agricola) del lotto oggetto di intervento.

Per meglio illustrare la differenza, si consideri il caso ideale di un lotto che viene trasformato da area agricola/incolto a verde urbano senza elementi di impermeabilizzazione. In tal caso, i coefficienti di deflusso rimangono uguali nelle condizioni *ante operam* e *post operam* [$(\phi/\phi^\circ) = 1$] e il volume di invaso richiesto è:

$$w = 50 \times (1) (1/(1-n)) - 15 \times I - 50 \times P = 50 - 15 \times I - 50 \times P \text{ [mc/ha]}$$

Se metà del lotto viene mantenuto in condizioni agricole,

$$w = 50 - 15 \times 0,5 - 50 \times 0,5 = 18,5 \text{ [mc/ha]}$$

mentre se tutto il lotto viene sistemato a verde,

$$w = 50 - 15 \times 1 - 50 \times 0 = 35 \text{ [mc/ha]}$$

L'esempio serve ad illustrare il concetto per cui ad ogni regolarizzazione delle superfici (riduzione delle scabrezze e delle depressioni superficiali, miglioramento delle condizioni di drenaggio...) si associa una perdita di capacità di invaso. In letteratura (CSDU, 1997) si trovano indicazioni riguardo al fatto che l'invaso specifico di superfici urbanizzate, anche se permeabili, può essere valutato cautelativamente in 15 mc/ha, mentre di regola si suppone che superfici non urbanizzate abbiano una capacità di invaso di 50 mc/ha. Quindi anche in assenza di impermeabilizzazioni il principio dell'invarianza idraulica richiede di tenere conto del volume di invaso perso, cosa che viene fatta di regola con l'utilizzo corretto della formula (1).

Nel foglio elettronico di calcolo per l'invarianza idraulica pubblicato sul sito insieme alle presenti linee guida, è riportato un esempio applicativo di utilizzo della formula (1) per un "Progetto di urbanizzazione di una attuale area agricola in variante alla attuale zonizzazione urbanistica attraverso lo strumento del Piano Urbanistico Attuativo"

B.3. INDICAZIONI PER LE AREE DI TRASFORMAZIONE URBANA

Nel presente capitolo vengono fornite indicazioni di tipo tecnico riguardo alle modalità idraulico realizzative consigliabili per i volumi di compensazione, e indicazioni di tipo metodologico relativamente alle modalità di stesura degli studi idrologici richiesti nei casi di maggiore impegno.

In linea generale, si introduce qui una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente Tabella 1.

| Classe di Intervento | Definizione |
|---|---|
| Trascurabile impermeabilizzazione potenziale | intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha |
| Modesta impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha |
| Significativa impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$ |
| Marcata impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$ |

Tabella 1 - classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

Dal punto di vista idraulico, l'efficacia della laminazione operata attraverso dispositivi di invaso è condizionata da due parametri fondamentali:

- a) la dimensione delle luci di scarico dell'invaso (condotti o stramazzi);
- b) il tirante idrico massimo di cui si consente la formazione all'interno dell'invaso.

I due aspetti sono fra loro collegati: se si realizza un invaso profondo con la formazione di un tirante idrico alto è necessario predisporre luci di piccole dimensioni per mantenere la portata in uscita a valori accettabili, a parità di portata in ingresso e di volume totale dell'invaso.

È poi da considerare che, a parità di luce di efflusso e di tirante idrico massimo consentito, l'effetto di laminazione dipende significativamente dal volume e dalla durata totale della pioggia.

Fissare regole generali per i criteri di dimensionamento delle luci scarico è difficile in quanto è necessario riferirsi a condizioni operative sempre connotate da un margine di convenzionalità.

Del resto, nel caso di piccoli interventi, corrispondenti ai casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione potenziale, gli oneri connessi allo sviluppo di dimensionamenti di dettaglio eccedono i benefici in termini di protezione idraulica del territorio che si possono effettivamente conseguire.

Viceversa, nei casi di significativa o marcata impermeabilizzazione potenziale è assai opportuno eseguire una verifica di maggior dettaglio dell'effettivo comportamento laminativi dei dispositivi di invaso previsti dai progetti. In tal modo, con accorgimenti relativamente semplici, è possibile mantenere sotto controllo l'efficacia della laminazione e perseguire una politica attiva di invarianza idraulica.

Alla luce di queste considerazioni, sono stati stabiliti i seguenti criteri da applicare se non diversamente previsto nella parte dispositiva del documento tecnico di riferimento:

- a) nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1) ad esclusione degli interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 mq;
- b) nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- c) nel caso di significativa impermeabilizzazione, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni;
- d) nel caso di marcata impermeabilizzazione, si richiede la presentazione di uno studio di maggiore dettaglio i cui contenuti sono individuati nei passaggi successivi al presente capitolo.

Per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti alla data di entrata in vigore dei presenti criteri, solamente per i casi a) e b) sopra riportati, in alternativa all'utilizzo della formula (1) può essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

Nei casi di significativa impermeabilità in alternativa all'utilizzo della formula (1) per il dimensionamento del volume di invaso è facoltà del soggetto proponente di avvalersi di uno studio di maggiore dettaglio come nei casi previsti per la marcata impermeabilizzazione.

Considerata la particolare criticità in cui si trova il territorio, nel caso lo stato di fatto dell'area oggetto di studio risulti già urbanizzata, *per i casi di significativa e marcata impermeabilizzazione*

oltre al rispetto dei criteri sopra indicati, la portata massima imposta in uscita (allo scarico) nella configurazione di progetto non può essere superiore a quella desumibile da un coefficiente udometrico di 20 litri al secondo per ettaro in riferimento ad elaborazioni di pioggia per $T_r=30$ anni.

Il valore deve essere inteso in via preliminare come predimensionamento delle opere. In situazioni di difficile raggiungimento del limite pari 20 litri al secondo per ettaro, ad esempio in aree ristrette e fortemente impermeabilizzate, lo stesso può essere oggetto di modifica da parte dell'Autorità Idraulica o del Gestore del Servizio Idrico Integrato (SII) che esprimono parere sul progetto e rilasciano l'autorizzazione allo scarico o all'allaccio.

Il manufatto di recapito nel corpo idrico recettore, deve essere realizzato in modo che lo scarico avvenga nella medesima direzione del flusso e prevedere accorgimenti tecnici (quali opere di dissipazione dell'energia) per evitare l'innescio di fenomeni erosivi nel corso d'acqua.

Ai fini del dimensionamento dei tiranti ammessi e delle luci di scarico, ferma restando la possibilità di effettuare studi idrologici e idraulici di maggiore approfondimento, si consiglia di ricorrere alla equazione di continuità del volume di invaso considerando come portata in ingresso l'idrogramma calcolato per il lotto con il metodo cinematico per assegnata durata di pioggia e tempo di ritorno, e come portata in uscita quella stimabile con una scala di deflusso della luce di scarico.

Per quanto concerne gli interventi di marcata impermeabilizzazione potenziale (quelli su aree superiori ai 10 ha con superficie impermeabile maggiore del 30%) devono essere sottoposti a verifiche idrologiche di maggior dettaglio. Tali verifiche devono di regola comprendere i seguenti passi:

- a) individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore degli scarichi di acque meteoriche provenienti dal lotto in trasformazione;
- b) valutazione di un idrogramma di piena del corpo idrico recettore corrispondente al colmo di portata attesa;
- c) valutazione dell'idrogramma di piena proveniente dal solo lotto in trasformazione, rispettivamente prima e dopo la trasformazione; tale idrogramma viene valutato di regola con il metodo cinematico per una pioggia di tempo di ritorno di 30 anni di durata pari al tempo di corrivazione del bacino del corpo idrico recettore;
- d) valutazione, mediante un opportuno modello idrologico ed idraulico, dell'effettivo comportamento di laminazione dei dispositivi di invaso previsti, e dimensionamento dei dispositivi di scarico del lotto, in relazione al tirante idrico che si verifica nel volume di invaso, in modo da garantire l'invarianza del colmo di portata;
- e) sovrapposizione degli idrogrammi di piena del corpo idrico recettore e del lotto dopo la trasformazione, e verifica del mantenimento del colmo di piena alle condizioni precedenti la trasformazione.

In assenza di informazioni specifiche sul corpo idrico recettore, tali da consentirne una valutazione più accurata dell'idrogramma di piena da assumere a base della progettazione, si considererà un idrogramma di piena convenzionale di forma triangolare, definito in modo univoco dai tre parametri della portata al colmo, del tempo a cui si verifica il colmo di portata dall'inizio dell'evento di piena e dal tempo dal colmo all'esaurimento della piena. Il colmo viene di regola valutato con i metodi esposti in precedenza, e in particolare, di preferenza, con il metodo razionale, e per un tempo di ritorno di 30 anni.

La durata dell'idrogramma di piena del corpo idrico recettore viene assunta pari a 3 volte il tempo di corrivazione del bacino del corpo idrico recettore, valutato con i criteri espressi in precedenza. Il colmo di piena si verifica dopo un tempo pari al tempo di corrivazione e la piena si esaurisce dopo un tempo ulteriore pari a 2 volte il tempo di corrivazione.

In particolari e motivate condizioni, può essere adottata una diversa valutazione ricorrendo a modelli afflussi-deflussi di maggiore dettaglio.

I volumi calcolati con i metodi sopra descritti indicano i volumi minimi da realizzare al fine di garantire l'invarianza idraulica in termini di portata scaricata al recapito finale e devono essere realizzati in modo tale da essere pienamente efficienti. I volumi calcolati nel caso di trascurabile impermeabilizzazione, non necessitano di manufatto di regolazione delle portate, è sufficiente che siano protetti in sezione di chiusura da valvole di non ritorno di tipo a clapet. Diversamente i volumi calcolati nel caso di modesta e significativa impermeabilizzazione devono essere afferenti ad un manufatto di regolazione delle portate per esempio un manufatto con bocca tarata o una stazione di sollevamento. Per quanto concerne il caso di marcata impermeabilizzazione, i manufatti di protezione devono essere stabiliti e dimensionati in relazione agli esiti degli studi di maggiore dettaglio.

Fatto salvo quanto previsto dal Titolo IV della DGR n. 53 del 27/01/2014 (pubblicata sul BURM n. 19 del 17/02/2014), il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.

In sede di redazione/variazione degli strumenti di pianificazione territoriale, vanno considerate le misure relative all'invarianza idraulica, ancorché la loro definizione ed attuazione possa essere rimandata a fasi successive.

In sede di approvazione di Strumenti Urbanistici Attuativi deve essere redatto uno schema di valutazione dell'invarianza idraulica valutando gli interventi utili a garantire la stessa. La progettazione esecutiva di detti interventi può avvenire all'interno delle opere di urbanizzazione, per gli interventi su aree pubbliche e in sede di permesso di costruire per quelli su aree private.

L'applicazione delle misure per l'invarianza idraulica, qualora richieste, costituisce ulteriore elemento da soddisfare per il rilascio del titolo abilitativo alla realizzazione degli interventi edilizi.

B.4. INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE

Le presenti linee guida prevedono in via prioritaria che l'effetto dell'impermeabilizzazione sia compensato con volumi di invaso la cui dimensione venga calcolata in ragione del tasso di impermeabilizzazione indotto. Concettualmente, questo equivale a potenziare la capacità di laminazione del bacino per compensare la perdita di capacità di infiltrazione. È chiaro che si tratta di una estrema schematizzazione di fenomeni in realtà molto complessi e fra loro interconnessi, e l'unico scopo della schematizzazione è quello di produrre una metodica razionale di calcolo degli oneri da corrispondere per rendere sostenibile il consumo della risorsa territoriale.

A livello realizzativo, i volumi di invaso possono essere ricondotti agli schemi di Figura 1, Figura 2, Figura 3 e Figura 4. descritti nel presente paragrafo.

Nei diversi casi, si evidenzia un ruolo della rete fognaria che deve essere valutato.

In linea di massima, si può considerare che il volume totale delle condotte di fognatura sia efficace all'80% ai fini dell'invarianza idraulica (si veda ad es. Paoletti, 1996; Pistocchi, 2001); questo significa che l'80% del volume totale della rete fognaria interna al lotto può essere considerato in diminuzione del valore di volume minimo d'invaso previsto dall'equazione (1).

I volumi di invaso vanno di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. È da evitare il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico.

In linea generale non deve essere previsto lo scarico diretto con sollevamento meccanico nel corpo idrico recettore. Nel caso sia dimostrata l'impossibilità di una soluzione alternativa è necessario prevedere luci di efflusso adeguatamente dimensionate a valle del sollevamento, sulla base delle indicazioni dell'autorità idraulica competente o del gestore del SII, in modo da consentire la limitazione alle portate uscenti richiesta.

I volumi di invaso sono invece da vedere come zone periodicamente allagabili, che però vengono mantenute drenate in condizioni di tempo asciutto. Ciò previene fra l'altro problemi di tipo igienicosanitario connessi al trattenimento e allo stoccaggio delle acque.

Nella grande varietà di soluzioni progettuali, che sconsigliano di definire in modo rigido soluzioni "tecnicamente conformi", si possono comunque individuare le tipologie di soluzione seguenti:

- a) vasca in c.a. o altro materiale "rigido" posta a monte del punto di scarico, sia aperta e sia coperta (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- b) invaso in terra posto a monte del punto di scarico (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- c) depressione in area verde o in piazzale posta a monte del punto di scarico;
- d) dimensionamento con "strozzatura" delle caditoie in modo da consentire un invaso su strade e piazzali (*);
- e) dimensionamento con "strozzatura" delle grondaie e tetti piatti con opportuno bordo di invaso in modo da consentire un invaso sulle coperture (*, #);

- f) sovradimensionamento delle fognature interne al lotto (1 mc di tubo o canale = 0,8 mc di invaso);
- g) mantenimento di aree allagabili (es. verde, piazzali) con “strozzatura” adeguata degli scarichi (*);
- h) scarico in acque costiere o comunque che non subiscono effetti idraulici dagli apporti meteorici;
- i) scarico in vasche adibite ad altri scopi (sedimentazione, depurazione ecc.) purché il volume di invaso si aggiunga al volume previsto per altri scopi, e purché siano comunque rispettati i vincoli e i limiti allo scarico per motivi di qualità delle acque;
- j) scarico a dispersione in terreni agricoli senza afflusso diretto alle reti di drenaggio sia superficiale, sia tubolare sotterraneo.

(*) = richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi

(#) = i volumi così realizzati servono solo per la quota di impermeabilizzazione imputabile alle coperture, mentre quelli che servono per strade, piazzali ecc. devono essere realizzati a parte.

In ogni caso laddove sussistano condizioni idrogeologicamente compatibili vanno favoriti prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in un suo intorno significativo.

Di regola è preferibile che si realizzino volumi allagabili in aree verdi con superfici in terreno naturale, associate a un uso ricreativo e a una sistemazione paesaggistica compatibili con il periodico allagamento; caso per caso il progettista può scegliere di realizzare i volumi richiesti in forma di vasche impermeabili, ad es. in calcestruzzo armato, sia a cielo aperto sia con copertura.

È possibile ricorrere all'invaso sulle superfici dei tetti degli edifici; in questo caso, il volume minimo da predisporre sui tetti deve essere proporzionato sulla sola quota di impermeabilizzazione dovuta agli edifici, mentre a compensazione delle altre superfici impermeabilizzate sulla superficie territoriale dell'intervento, poste al di fuori della sagoma dei tetti, dovrà essere predisposto a terra un volume minimo d'invaso commisurato alla quota di impermeabilizzazione ad esse corrispondente.

Nel caso di invaso sui tetti, è comunque necessario dimensionare i pluviali come dispositivi di sfioro in grado di smaltire la portata corrispondente alla superficie in condizioni di deflusso precedenti l'impermeabilizzazione, e verificare che nelle condizioni di esercizio non si verifichino condizioni di troppo pieno dell'invaso posto sul tetto tali da provocarne la tracimazione.

In assenza di una valutazione idraulica sulle luci di efflusso, i volumi di laminazione vanno messi "in serie" rispetto al sistema di drenaggio.

La scelta di soluzioni "in parallelo", di per sé preferibili in molti casi dal punto di vista tecnico, richiede la presenza a valle della vasca di un dispositivo di limitazione delle immissioni nel corpo ricevente, e può essere accettata solo dietro presentazione di apposita relazione idraulica che ne descriva il funzionamento.

La differenza fra dispositivi in serie e dispositivi in parallelo è infatti che i primi operano una laminazione delle piene in presenza di qualsiasi condizione di deflusso, mentre i secondi entrano in funzione solo quando la portata supera valori prefissati in corrispondenza dei quali il deflusso viene deviato al volume di invaso (Figura 5), per cui è necessario che siano fissate e condivise in sede di autorizzazione, in relazione alle condizioni del ricevente, le condizioni alle quali le vasche di laminazione entrano in funzione.

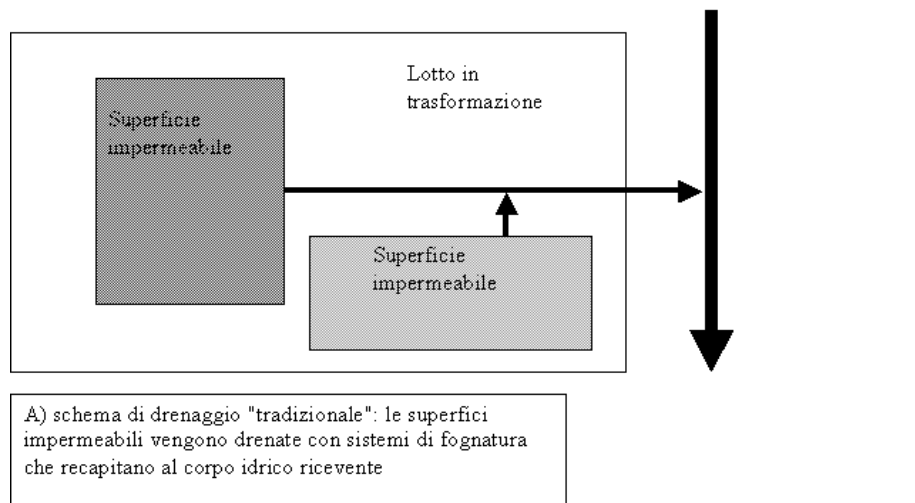


Figura 1

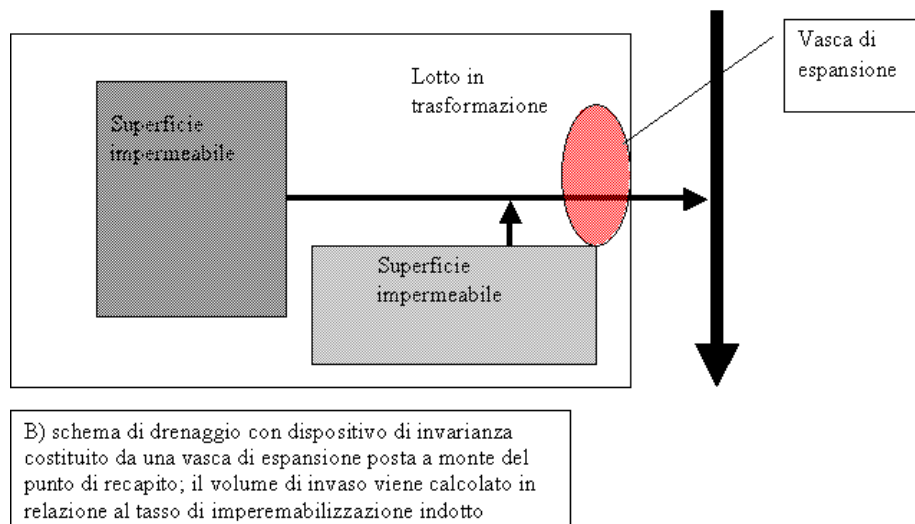


Figura 2

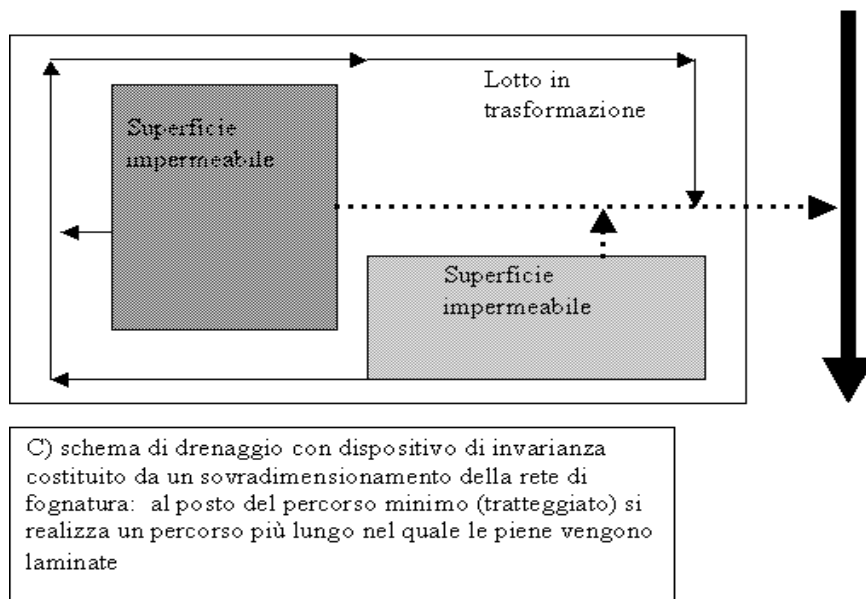


Figura 3

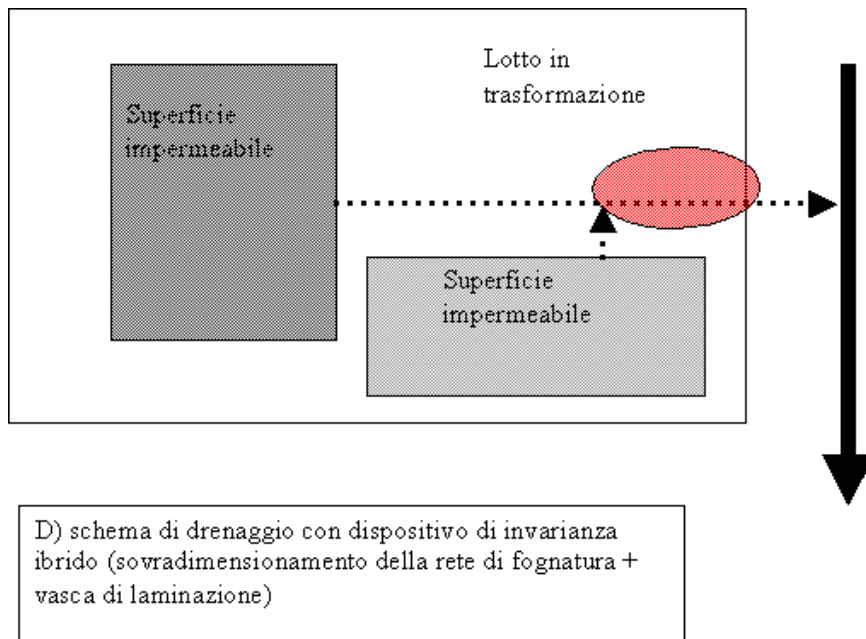


Figura 4

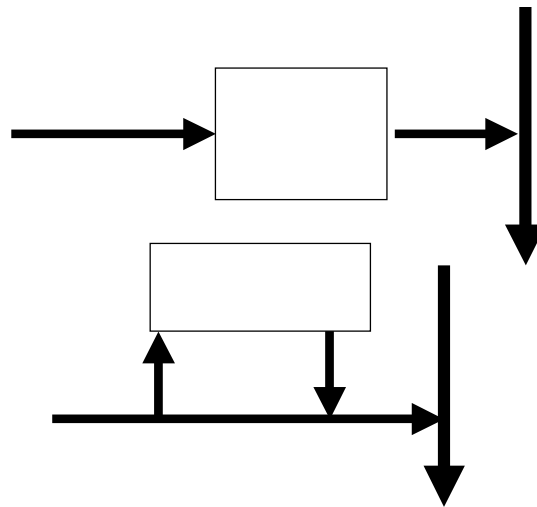


Figura 5 - vasche in serie (sopra) e in parallelo (sotto)

A livello costruttivo, il fondo delle aree di espansione deve essere realizzato in modo da consentire lo scolo naturale (senza sollevamenti meccanici) di tutta l'acqua invasata.

Nel caso in cui a valle sia previsto un sollevamento meccanico, è necessario che tutte le parti della vasca possano essere drenate a gravità verso l'impianto di sollevamento. I volumi di invaso posti in serie rispetto al sistema di drenaggio non devono presentare "cunette di magra" in cui l'acqua trovi vie preferenziali di scolo, in assenza di valutazioni idrauliche specifiche sul funzionamento di tali cunette. Questo infatti riduce lo spazio effettivo per la laminazione (Figura 6).

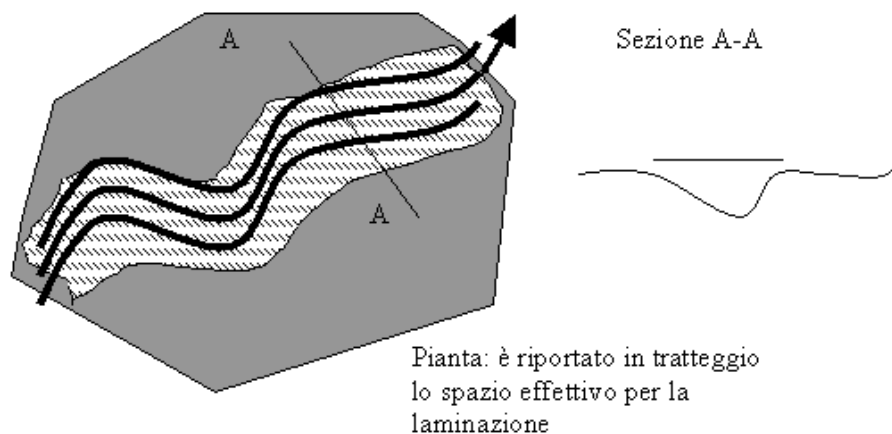


Figura 6 - situazione di formazione di una cunetta di deflusso preferenziale

Nel caso di impermeabilizzazioni dovute a strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio; in particolare, la totale impermeabilizzazione della superficie stradale porta a dimensionare, tramite la relazione (1), un volume di invaso di circa 0,09 mc/mq di superficie stradale, ovvero poco più di 0,5 mc per ogni metro di lunghezza di una strada di larghezza pari a 6 m. Quindi la realizzazione di un fosso di volume pari a $(0,5 / 0,8) = 0,625$ mc/m soddisfa i requisiti di volume di compensazione richiesti. Ovunque sia presente lo spazio necessario, è opportuno accoppiare tale volume a spazi di laminazione concentrati (aree di espansione), in corrispondenza delle immissioni nei corpi recettori. Questo consente fra l'altro di operare una blanda autodepurazione del deflusso, aumentandone i tempi di residenza nella rete scolante e la possibilità di sedimentazione dei solidi sospesi. In generale, è opportuno sviluppare comunque tutte le considerazioni idrauliche e geotecniche suggerite dal caso specifico, anche in relazione ai possibili effetti del sistema di drenaggio sulla stabilità della sede stradale. La figura seguente mostra uno schema di realizzazione dell'invarianza idraulica per un tracciato stradale.

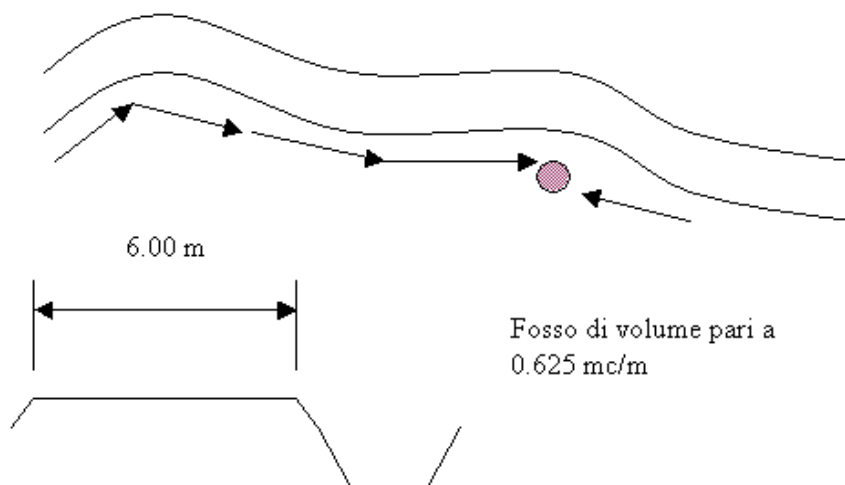


Figura 7 - schema di drenaggio con fossi e zone di espansione per la decantazione prima del recapito (sopra) e sezione esemplificativa (sotto)

Nei casi in cui lo scarico delle acque meteoriche da una superficie giunga direttamente al mare o ad altro corpo idrico il cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici, l'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici è implicitamente garantita a prescindere dalla realizzazione di dispositivi di laminazione.

È richiesto di valutare i coefficienti di deflusso prima e dopo la trasformazione delle condizioni del suolo, in modo convenzionale e al solo scopo di calcolare il volume di invaso per l'invarianza idraulica (formule 2-a e 2-b).

È innanzitutto da precisare che il coefficiente di deflusso così calcolato può non essere adeguato per dimensionare le fognature e altre opere idrauliche, e non sostituisce le valutazioni specifiche del caso da parte del progettista.

In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile.

Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili.

Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione, si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto.

Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi.

In linea di massima, si può valutare le superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 30 - 50%.

Sono invece da considerare impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc.

Ai fini della stima delle percentuali permeabili e impermeabili, nel caso in cui si presentino elementi da valutare caso per caso, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici certificare, attraverso gli elaborati progettuali, il tasso di permeabilità delle soluzioni adottate.

Qualora ci si trovi poi in situazioni particolari, come ad es. terreno di per sé impermeabile a causa della natura litopedologica o del grado di compattazione precedente alla trasformazione della superficie, tali per cui gli interventi di trasformazione della superficie non comportano effetti di incremento delle portate di piena defluente, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso dalla superficie trasformata. La dimostrazione potrà avvenire, nei casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione, semplicemente attraverso la descrizione della natura dei terreni anche in riferimento alle indagini tecniche disponibili nella documentazione dei piani comunali, provinciali e del piano di bacino e ad eventuali indagini locali, mentre nei casi di significativa o marcata

impermeabilizzazione è necessario realizzare prove di permeabilità superficiale con modalità commisurate alle caratteristiche dell'intervento e da valutarsi nell'ambito del procedimento autorizzativo.

Si rimarca l'importanza di riferire le valutazioni ad una permeabilità superficiale "idrologica", da valutarsi con prove idonee *in situ* sui primi centimetri di suolo, e non ad una permeabilità da prove di laboratorio riferita agli strati del primo sottosuolo come è uso ad es. per i problemi di subirrigazione e similari.

È da osservare a tal proposito che gli strati superficiali del suolo sono sempre dotati di permeabilità molto più elevata di quella considerata dalle valutazioni di tipo geologico, e mostrano quasi sempre, se non particolarmente compattati, una notevole capacità di trattenimento dei millimetri di pioggia corrispondenti agli eventi di precipitazione critici.

In generale, è da attendersi che suoli a bassa capacità di accettazione delle piogge abbiano coefficienti di deflusso maggiori del valore convenzionale di 0,2, ma comunque minori di quelli assunti per le superfici artificiali (asfalto, cemento, laterizi...) convenzionalmente pari a 0,9.

In definitiva, si può dire che nella generalità dei casi le prove di permeabilità e le valutazioni sulla permeabilità dei suoli possono al più portare a ridurre le esigenze di volume di invaso, ma non ad annullarle completamente

Di seguito, in via del tutto qualitativa, si riporta una tabella in cui sono indicati alcuni valori dei coefficienti attribuiti ai diversi tipi di uso del suolo

| TIPO DI SUPERFICIE | C |
|--|---------|
| <i>Superfici permeabili</i> (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili) | 0,1-0,4 |
| <i>Superfici semi-permeabili</i> (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.) | 0,5-0,7 |
| <i>Superfici impermeabili</i> (tetti, strade, piazzali, ecc.) | 0,8 -1 |

I range di valori per ogni tipologia di superficie, sono espressi in funzione delle condizioni pedologiche, morfologiche, colturali, antropiche, ecc. del contesto indagato che possono variare significativamente all'interno di ciascuna classe. L'attribuzione dei valori viene rimandata alle valutazioni del progettista in rapporto all'assetto territoriale specifico.

B.5. INDICAZIONI PER LE AREE DI VERSANTE E DI COLLINA

Nel caso di interventi in territorio collinare e montano, fermo restando l'obbligo di prevedere idonei dispositivi di invarianza idraulica, è consigliabile realizzare, ovunque possibile, i volumi di invaso mediante opere di regimazione idrica (quali scoline, viminate, gradonate, terrazzamenti) distribuite su tutte le superfici non pavimentate della superficie territoriale dell'intervento. Queste opere di regimazione devono essere pensate per aumentare il tempo di persistenza del deflusso sulle superfici e il volume dinamico immagazzinato sulle stesse.

In questi casi, il volume di invaso utile è da computarsi come l'80 % del volume fisico realizzato a tergo dei rilevati prodotti dalle opere di regimazione, come illustrato nella figura seguente.

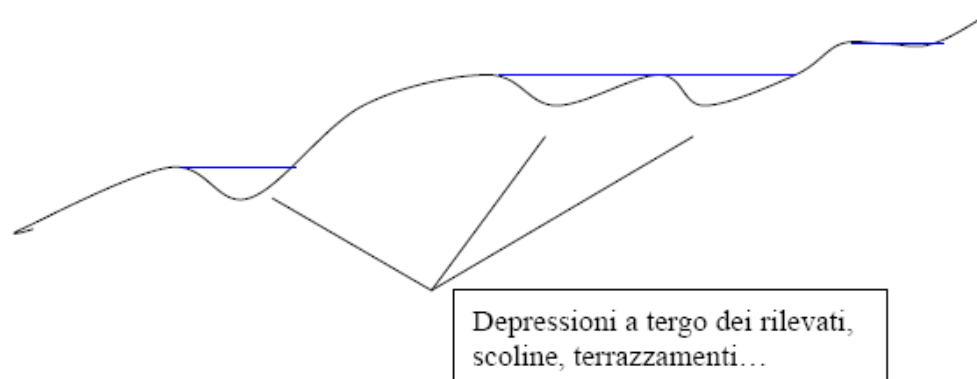


Figura 8

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge, in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di rimessaggio in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di pozzetti o vasche o condotte disperdenti in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno.

Il progettista deve documentare in tal caso, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni nei territori di collina e montagna.

Nelle trasformazioni che comportino un'impermeabilizzazione dei suoli, per le quali non siano previste canalizzazioni verso corpi idrici ricettori, e pertanto non è possibile convogliare le acque meteoriche all'interno di reticoli del tipo naturali o collettori fognari, l'adozione di nuovi sistemi di drenaggio necessari per il rispetto dell'invarianza idraulica, è subordinata alla presentazioni di studi specifici, in rapporto all'entità dell'impermeabilizzazione, con i quali siano dimostrate le condizioni

di conservazione dell'equilibrio geomorfologico, idrogeologico ed idraulico dell'ambito territoriale in esame. La documentazione in cui sia dimostrato il rispetto di quanto sopra previsto sarà valutata dell'Autorità/Ente competente in sede di rilascio dei pareri previsti ai sensi delle specifiche norme di settore.

Occorre tenere presente che la mancanza di sistemi di scolo delle acque, in terreni di acclività non trascurabile, può portare ad altre controindicazioni in termini di stabilità del versante.

B.6. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI

Esistono molti dispositivi differenti che possono essere impiegati su un sito specifico per garantire un drenaggio sostenibile. Ciascun sito avrà caratteristiche uniche e diverse che condizioneranno la scelta dei dispositivi. Non tutte le tecniche possono sempre essere impiegate e perciò è importante che la scelta venga fatta sin dallo stadio iniziale della progettazione di un'area urbana.

Per determinare la soluzione più idonea il criterio di selezione deve principalmente tenere conto di

- a) Caratteristiche d'uso del suolo;
- b) Caratteristiche del terreno;
- c) Caratteristiche qualitative e quantitative richieste;
- d) Caratteristiche estetiche ed ecologiche richieste.

Queste caratteristiche sono descritte nei paragrafi seguenti ai quali segue una "tabella di sintesi" nella quale si può prendere visione delle principali caratteristiche idrauliche e tecniche dei dispositivi per il drenaggio urbano sostenibile in modo da avere una immediata valutazione del loro comportamento. Questo permetterà di poter selezionare già nelle prime fasi progettuali i componenti che meglio si adatteranno, di volta in volta, come elementi di prevenzione, di trasporto, e di eventuale pre-trattamento in conformità anche con quanto previsto dalla specifica normativa di settore regionale di cui alle N.T.A. del P.T.A. approvato con D.C.R. n. 145 del 26 gennaio 2010 (pubblicato sul Supplemento n. 1 al BURM n. 20 del 26 febbraio 2010).

B.6.1 Caratteristiche di uso del suolo

La destinazione d'uso del suolo in una determinata zona urbana risulta tra i fattori determinanti nella scelta dei dispositivi.

Infatti in funzione dell'uso del suolo può essere o meno necessario un trattamento delle acque raccolte prima di rilasciarle nell'ambiente.

Per le aree residenziali a bassa densità non è quindi necessario che vengano applicati trattamenti.

Per le aree residenziali a media ed ad alta densità può essere necessario il trattamento delle acque di prima pioggia in relazione alla sensibilità del recapito finale.

Per le strade il criterio di progettazione di sistemi di drenaggio dipenderà in particolare dalla sensibilità e dalla vulnerabilità del recapito dell'acqua (vedasi figura 7). Ai sensi dell'art. 42 delle N.T.A. del P.T.A. regionale, le acque meteoriche di dilavamento delle strade pubbliche e private non sono assoggettate alla disciplina delle acque reflue industriali e pertanto non devono essere convogliate in dispositivi di accumulo con relativo trattamento, ad eccezione dei casi previsti nel medesimo articolato.

B.6.2 Caratteristiche del terreno

Le caratteristiche del terreno possono restringere o precludere l'uso di particolari dispositivi di drenaggio. Le caratteristiche del sito che possono influenzare la selezione dei dispositivi sono discusse e rappresentate nella seguente tabella.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione ricorrendo all'invarianza idraulica per il solo 50% dell'aumento di portata.

I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali in situ.

Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni.

B.6.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste

È importante individuare se il dispositivo da realizzare debba soddisfare solo a esigenze di tipo quantitativo ovvero debba svolgere anche una funzione di trattamento delle acque raccolte. In quest'ultimo caso occorre necessariamente fare riferimento agli artt. 41 e 42 delle N.T.A. del P.T.A. regionale.

Relativamente all'aspetto del trattamento delle acque raccolte, risulta l'obbligo infatti, prima di rilasciarle nell'ambiente, di trattare tutte le acque di pioggia che possono essere state contaminate da inquinanti; in particolare si fa riferimento ad acque di dilavamento di piazzali o strade caratterizzati da presenza di olii o altre sostanze derivate da lavorazioni o da traffico.

Si dovrà pertanto ricorrere o a disoleatori appositamente predisposti o allo stoccaggio separato della prima parte inquinata della pioggia per poi inviarne il volume accumulato a depurazione mediante il sistema fognario nero. Sarà quindi indispensabile provvedere ad un nulla osta idraulico ed a uno per lo scarico in fognatura.

Nelle situazioni in cui, oltre ai fini del conseguimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali, si renda necessario adottare sia interventi di gestione delle acque di prima pioggia, sia azioni nei confronti dell'invarianza idraulica attraverso la realizzazione di vasche volano o

laminazione, le stesse possono essere realizzate per soddisfare entrambe le esigenze qualitative e quantitative, nel rispetto dei parametri progettuali previsti per queste tipologie di manufatti. Concorrono al calcolo dei volumi di laminazione, oltre alle suddette opere, tutti i manufatti (scatolari di ripartizione/sollevamento, ripartitori d'ingresso, ecc.) strutturalmente idonei a garantire uno stoccaggio anche temporaneo delle acque meteoriche di deflusso superficiale, ricomprese all'interno della trasformazione che determina impermeabilizzazione.

Per quanto attiene agli aspetti quantitativi relativi all'invarianza, i dispositivi illustrati sono di diversa efficacia. I grandi volumi d'acqua infatti sono gestibili soprattutto con stagni ed invasi di grandi dimensioni, i dispositivi più semplici trovano applicazione per gli interventi meno importanti da un punto di vista dimensionale.

In linea generale per la realizzazione di misure compensative, i volumi necessari possono essere ricavati secondo le seguenti principali modalità:

- a. realizzazione di parte o di tutte le superfici impermeabilizzate utilizzando materiali in grado di far infiltrare parte della precipitazione (e.g. grigliati erbosi);
- b. sovradimensionamento dei collettori di raccolta delle acque bianche;
- c. disposizione di vasche interrato per la laminazione delle portate;
- d. predisponendo o ampliando fossati di scolo;
- e. maggiorando scoline e drenaggi nel caso di superfici stradali impermeabili;
- f. individuando aree verdi temporaneamente esondabili, da adibirsi a superfici di invaso;
- g. creando volumi riempiti con materiale granulare poroso nelle parti concave delle aree a verde;

Misure complementari sono quelle volte ad aumentare l'infiltrazione nel terreno e possono essere realizzate per mezzo di:

- a. bacini di infiltrazione. Raccolgono i deflussi dalle zone circostanti e ne consentono l'infiltrazione in tempi successivi;
- b. canali filtranti. Sono costituiti da trincee in grado di far filtrare nel terreno parte della portata;
- c. pavimentazioni filtranti. Costituite da superfici alveolari di materiale lapideo o sintetico.

B.6.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche

L'adozione dei dispositivi deve tener conto anche della necessità di accrescere i valori estetici ed ecologici di un'area urbana.

La futura manutenzione e gestione di un sito può influenzare la scelta delle tipologie di dispositivo. Per esempio in un luogo dove sia previsto del personale per la sfalcatura dell'erba o per altre attività paesaggistiche che si prenderanno cura del luogo regolarmente, potrà essere appropriato l'utilizzo dei vassoi. In altri siti, si possono prevedere interventi meno regolari, ma comunque si deve prevedere la manutenzione di bacini e zone umide.

La manutenzione a lungo termine del sistema di drenaggio deve essere programmata già nei primi passi nel processo di progettazione.



Nel seguito viene allegato un elaborato tecnico-illustrativo descrittivo, sintesi delle fonti riportate in bibliografia, contenente una **tabella per un primo orientamento nella scelta dei dispositivi idraulici** in base alle caratteristiche specifiche dei siti urbani e a seconda delle prestazioni quantitative e qualitative e dei valori estetici ed ecologici richiesti, unitamente a delle **schede monografiche per le singole tipologie di dispositivi**.



APPENDICE A: Tabella di orientamento nella scelta dei dispositivi

| Codice | DISPOSITIVO | PROCESSO | | | | GESTIONE | | | DESTINAZIONE D'USO | | | | | | SPAZIO DISPONIBILE | | TIPO DI TERRENO | | RISCHIO IDRAULICO | | | | | INQUINAMENTO | | | | |
|--------|-------------------------------|---------------|------------------------|-----------|------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|--------|-------------|-------------|----------------|--------------------|-------|-----------------|--------------|-------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|------------------|-------|--------------|
| | | Infiltrazione | Detenzione/Atenuazione | Trasporto | Riutilizzo | Controllo locale | Controllo nell'intero | Controllo territoriale | Residenziale a bassa densità | Residenziale ad alta densità | Strade | commerciale | Industriale | di Riqualifica | Contaminata | Basso | Alto | Impermeabile | Permeabile | Riduzione picchi di deflusso | Riduzione del volume | Riduzione corpi sospesi | Riduzione nutrienti | Riduzione metalli pesanti | VALORE ESTETICO | VALORE ECOLOGICO | COSTI | MANUTENZIONE |
| D1 | Tetti verdi | ● | ● | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | ● | | | MEDIO | MEDIO | ALTO | BASSO | MEDIO | BUONO | BUONO | ALTO | ALTO | |
| D2 | Cisterne di raccolta | | ● | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | | | | ALTO | ALTO | ALTO | BASSO | MEDIO | BASSO | ALTO | ALTO | ALTO | |
| D3 | Cisterne domestiche | | ● | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | | | | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | |
| D4 | Superfici permeabili | ● | | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | BUONO | BUONO | ALTO | ALTO | ALTO | BASSO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | |
| D5 | Sistemi di bioritenzione | ● | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | | MEDIO | MEDIO | ALTO | BASSO | ALTO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | ALTO | |
| D6 | Fasce di infiltrazione | ● | | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | BASSO | BASSO | MEDIO | BASSO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | |
| D7 | Gallerie di infiltrazione | ● | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | MEDIO | ALTO | ALTO | MEDIO | ALTO | BASSO | BASSO | BASSO | MEDIO | |
| D8 | Cisterne Sotteranee | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | BUONO | BUONO | MEDIO | BASSO | MEDIO | BASSO | MEDIO | MEDIO | BASSO | |
| D9 | Sistemi modulari geocellulari | ● | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | | BUONO | BUONO | BASSO | na | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | BASSO | |
| D10 | Bacini di infiltrazione | ● | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | MEDIO | BUONO | ALTO | MEDIO | ALTO | BUONO | BASSO | BASSO | MEDIO | |
| D11 | Vassoi | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | | MEDIO | MEDIO | ALTO | BASSO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | BASSO | |
| D12 | Bacini di detenzione | ● | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | BUONO | BASSO | MEDIO | BASSO | MEDIO | MEDIO | BASSO | BASSO | BASSO | |
| D13 | Zone umide | | ● | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | | | | BUONO | BUONO | ALTO | MEDIO | ALTO | BUONO | ALTO | ALTO | ALTO | |
| D14 | Stagni | | ● | | ● | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | | | | BUONO | BASSO | ALTO | MEDIO | ALTO | BUONO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | |



Schede di opere tipologiche

Nel seguito sono allegate le tipologie dei dispositivi (denominati D1-D14) in riferimento all'elenco riportato nella tabella precedente.

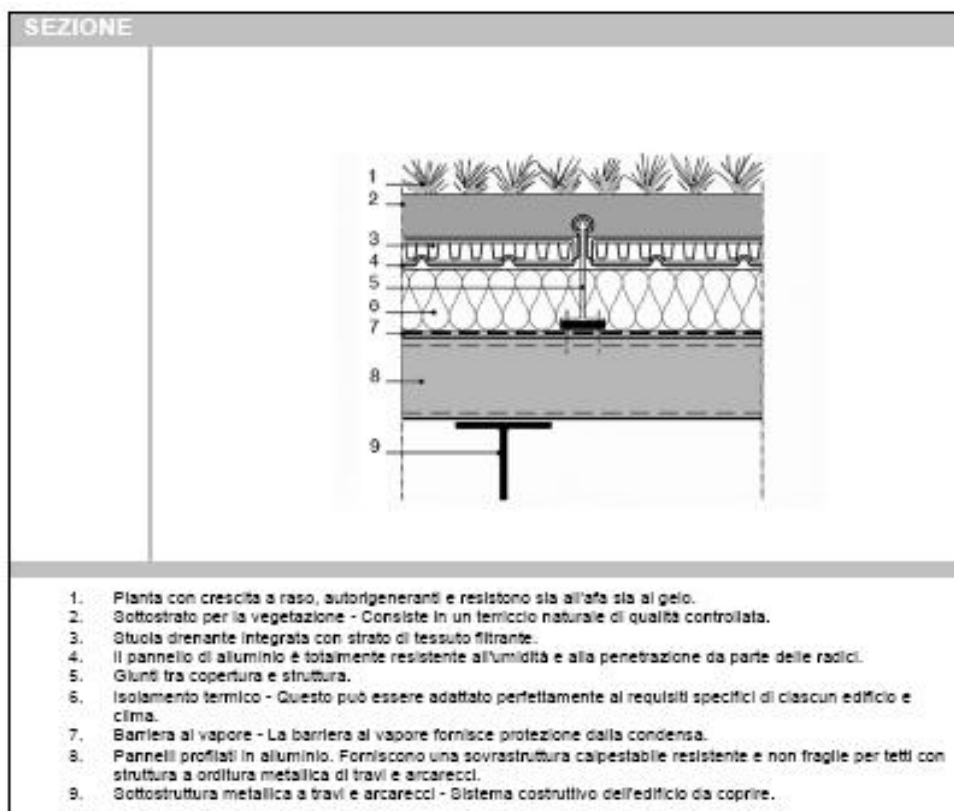
Tetti verdi

D1



I tetti verdi sono sistemi multistrato permeabili sopra uno strato drenante che possono ricoprire con vegetazione i tetti degli edifici, piattaforme, parcheggi. Sono progettati per intercettare e trattenere l'acqua piovana, attenuando il picchi massimi di deflusso.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | NO | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | NO |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | SI | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | MEDIO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | BASSO | | |
| | Metalli pesanti | | MEDIO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BUONO | | | BUONO | | |



VANTAGGI

- Buona capacità di rimozione delle sostanze inquinanti dovute a fattori atmosferici.
- Riduce le sollecitazioni di espansione e contrazione delle strutture della copertura.
- Miglioramento dell'aria.
- Isola gli edifici.
- Assorbimento delle vibrazioni sonore.

SVANTAGGI

- Elevati costi manutenzione rispetto alle coperture convenzionali.
- Qualsiasi danno alla membrana impermeabilizzante può causare problemi quando l'acqua è trattenuta sul tetto.



D2

Cisterne di raccolta



L'acqua piovana dai tetti o da superfici impermeabili può essere raccolta in grandi cisterne che consentano il suo riutilizzo per usi non potabili. Se propriamente progettate, le cisterne di raccolta possono contribuire ad aiutare a ridurre i rischi idraulici.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|-----|----------------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | NO | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | NO | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | NO |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | NO |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | n/c | | Impermeabile | SI | |
| Alto | n/c | | Permeabile | SI | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | | Riduzione dei Picchi di deflusso | | ALTO | |
| | | Riduzione del Volume di deflusso | | ALTO | |
| Inquinamento | | Corpi sospesi | | ALTO | |
| | | Nutrienti | | BASSO | |
| | | Metalli pesanti | | MEDIO | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSO | | | BASSO | | |

| | |
|--|--|
| <p>PRIMA FASE</p> <p>La prima fase rimuove il grosso dei detriti consentendo il passaggio dell'acqua piovana all'interno del contenitore;</p> | <p>SEZIONE</p>  |
| <p>SECONDA FASE</p> <p>L'acqua viene immessa alla base della cisterna in modo da facilitare il deposito dei corpi solidi;</p> | <p>SEZIONE</p>  |
| <p>TERZA FASE</p> <p>La pompa di immissione è progettata per galleggiare dove la pulizia dell'acqua è migliore.</p> | <p>SEZIONE</p>  |

| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> o Facili da introdurre in spazi aperti. o Riduce i consumi d'acqua. o Costi non eccessivi nel tempo. | <ul style="list-style-type: none"> o Inizialmente il sistema può essere complesso e costoso. o Non consigliabile in aree il cui marciapiede è usato a parcheggio. o Non sempre il suo inserimento risulta gradevole. |



D3

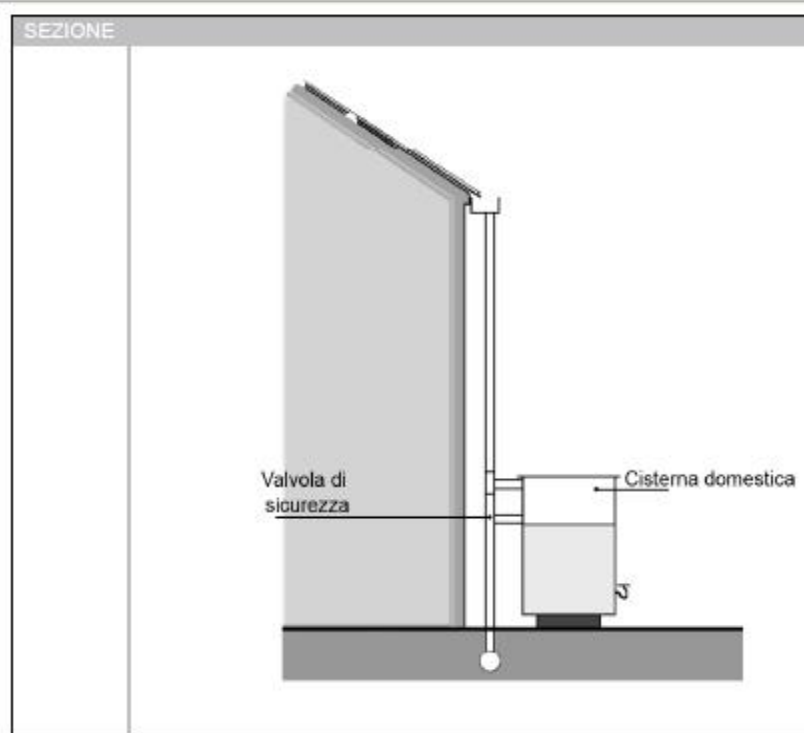
Cisterne domestiche



Sono i più comuni ed economici sistemi per la raccolta dell'acqua piovana, normalmente di caduta delle grondaie dei tetti. Sono di piccole dimensioni e sono pensati per raccogliere e conservare l'acqua piovana un uso non potabile limitato.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|-----|----------------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | NO | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | NO | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | NO |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | NO |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | n/c | | Impermeabile | SI | |
| Alto | n/c | | Permeabile | SI | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BASSO | |
| | | Riduzione del Volume di deflusso | | BASSO | |
| Inquinamento | | Corpi sospesi | | BASSO | |
| | | Nutrienti | | BASSO | |
| | | Metalli pesanti | | BASSO | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSO | | | BASSO | | |

--



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> o Facili da installare. o Facili da inserire nella ricostruzione. o Risparmio sul consumo dell'acqua. o Bassi costi di installazione e manutenzione. | <ul style="list-style-type: none"> o Poca capacità. o Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione. o Necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettivo funzionamento. |



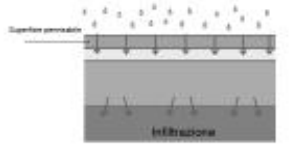
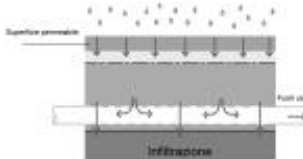
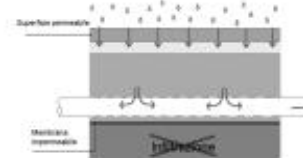
D4

Superfici permeabili



Sono marciapiedi o parcheggi che permettono alla pioggia di infiltrarsi attraverso la superficie pavimentata in uno strato di raccolta inferiore, dove l'acqua è contenuta prima di essere infiltrata nel terreno, riutilizzata, o rilasciata ad altri dispositivi drenanti.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | NO | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | NO |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualfica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | SI | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BUONO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | BUONO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | ALTO | | |
| | Metalli pesanti | | ALTO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSE | | | MEDIO | | |

| | |
|---|---|
| <p>tipologia A</p> <p>L'acqua passa attraverso la superficie permeabile (dove può essere detenuta temporaneamente) per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno. Per evitare che il dispositivo si saturi, e diventi meno efficiente, un sistema di troppo pieno deve provvedere a trattare e trasferire l'acqua in eccesso durante eventi particolarmente critici;</p> | <p>SEZIONE</p>  |
| <p>tipologia B</p> <p>Concettualmente simile alla tipologia A, vede l'inserimento di una serie di tubi forati che aiutano a trasferire ad altri sistemi di drenaggio parte dell'acqua piovana che il dispositivo non è in grado di infiltrare nel terreno;</p> | <p>SEZIONE</p>  |
| <p>tipologia C</p> <p>Non permette l'infiltrazione. Viene posta una membrana impermeabile alla base del dispositivo che impedisce all'acqua filtrata attraverso i vari strati superiori della struttura di infiltrarsi nel terreno. Viene e trasferita attraverso un sistema di tubazioni forate simile a quella della tipologia B. Viene spesso usata dove il terreno ha una bassa permeabilità, quando l'acqua deve essere conservata e riutilizzata o quando ci sono seri rischi di inquinamento della falda acquifera.</p> | <p>SEZIONE</p>  |

| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> o Rimozione dell'inquinamento urbano. o Significativa riduzione dei deflussi di scorrimento dell'acqua piovana. o Ottimi per aree ad alta densità. o Buon utilizzo nella ristrutturazione. o Bassi costi di manutenzione. o Rimozione dei canali di scolo e tombini. | <ul style="list-style-type: none"> o Non consigliato per aree con abbondanti formazioni di sedimenti. o Accumulo di detriti e sporcizia se la pulizia non viene garantita. |



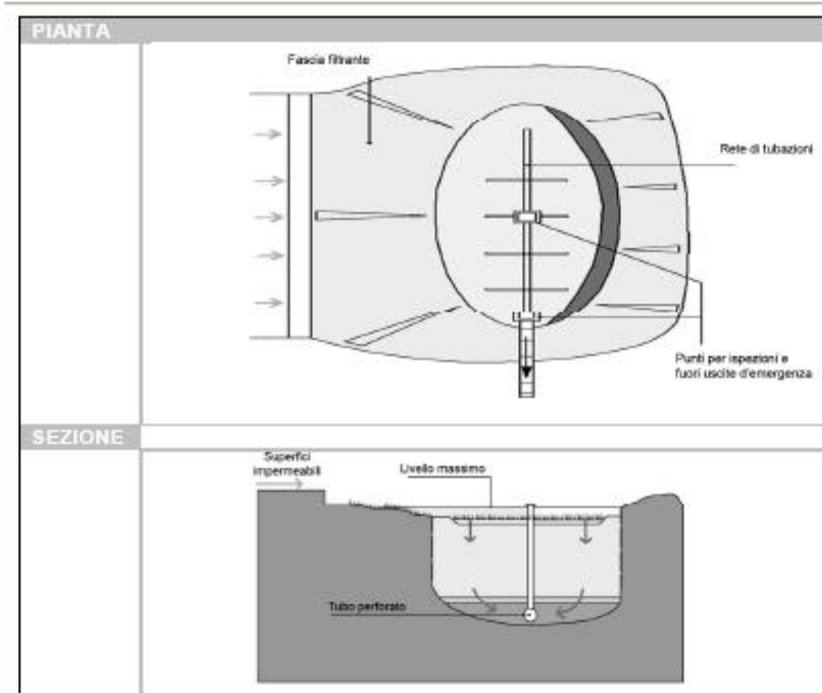
D5

Sistemi di bioritenzione



Le aree di bioritenzione sono zone depresse poco profonde costituite da substrati di terreno drenante ricoperti da fitta vegetazione. Svolgono un trattamento dell'acqua piovana che permette di rimuovere parte dell'inquinamento e riduce il volume dei deflussi d'acqua.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----|----------------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | |
| | | Riduzione del Volume di deflusso | | MEDIO | |
| Inquinamento | | Corpi sospesi | | ALTO | |
| | | Nutrienti | | BASSO | |
| | | Metalli pesanti | | ALTO | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| MEDIO | | | BUONO | | |



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> o Facilmente inseribile entro spazi aperti. o Promuove l'infiltrazione. o Facile da costruire. o Può essere usato come pre-trattamento. o Bassi costi di realizzazione e manutenzione. | <ul style="list-style-type: none"> o Non consigliato per aree scoscese. o Grandi spazi richiesti. o Non consigliabili in aree il cui esiste il rischio di inquinamento delle falde freatiche. o Non significativi per ridurre il deflusso delle acque per eventi particolarmente critici. |



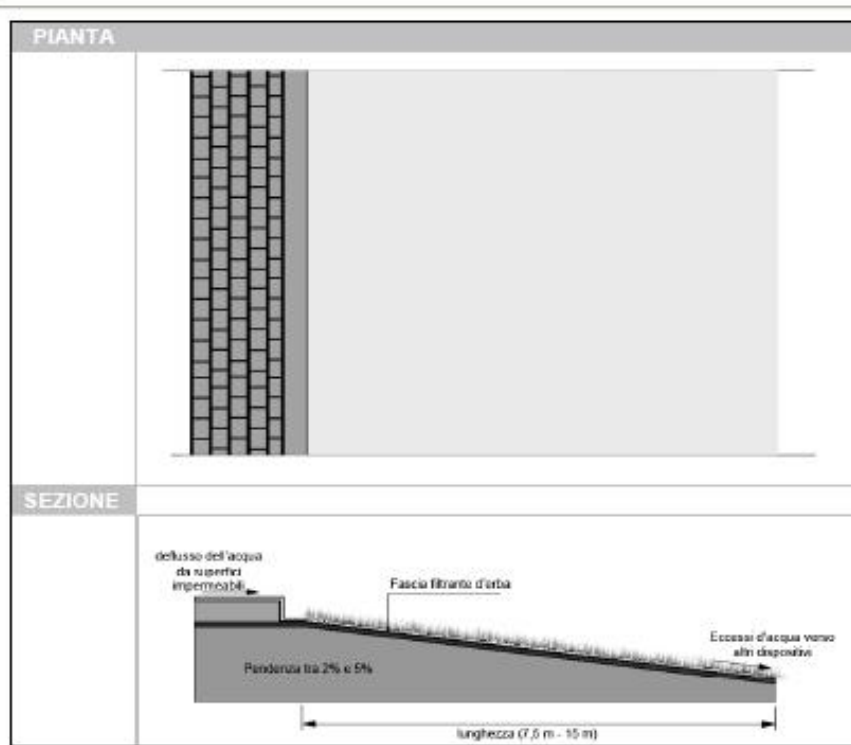
D6

Fasce di infiltrazione



Sono vaste fasce di verde, lievemente inclinate che trattano l'acqua in eccesso proveniente da vicine zone impermeabili.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | NO | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | NO | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BASSO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | BASSO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | MEDIO | | |
| | Nutrienti | | BASSO | | |
| | Metalli pesanti | | MEDIO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| MEDIO | | | MEDIO | | |



VANTAGGI

- Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi.
- Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento.
- Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione.

SVANTAGGI

- Non consigliabili in aree con forte pendenza.
- Rischi di blocco nei sistemi di connessione.



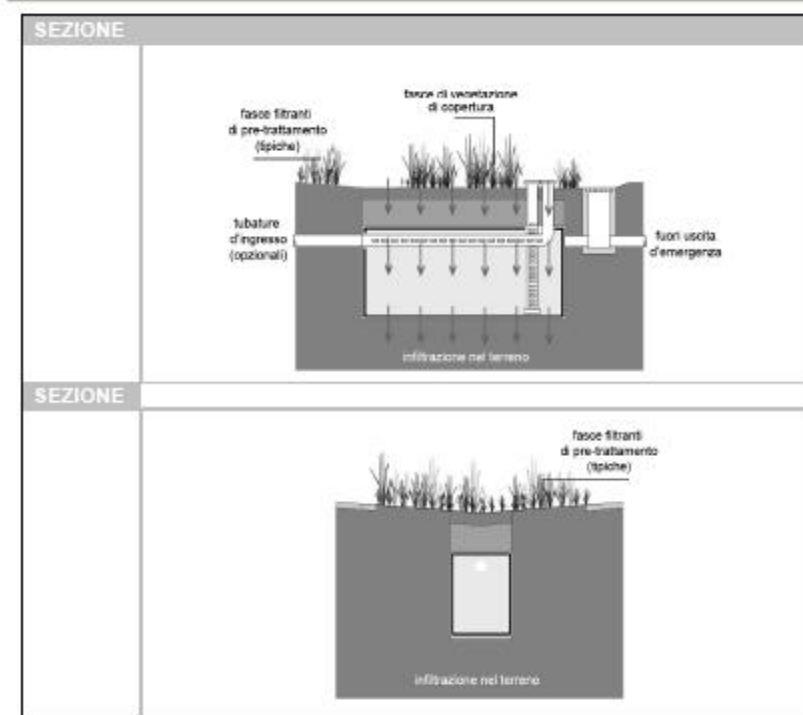
D7

Gallerie di infiltrazione



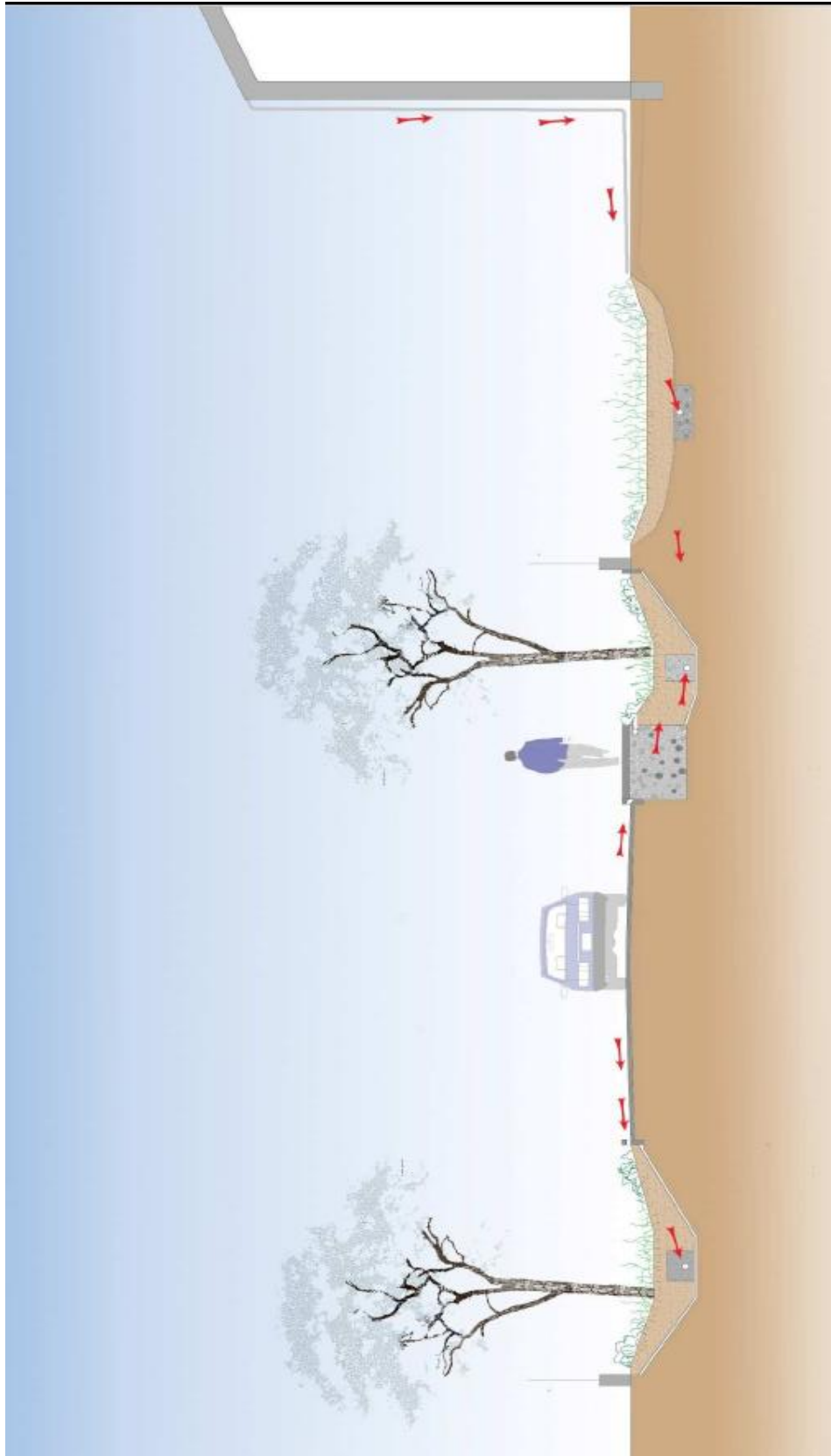
Riempite con detriti o pietre le trincee infiltranti e filtranti sono scavate in profondità nel terreno e creano superfici per stazionamenti temporanei dell'acqua piovana. Sono dispositivi con la possibilità di ricaricare le falde acquifere preservandone il loro livello.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | SI | Impermeabile | NO | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | ALTO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | MEDIO | | |
| | Metalli pesanti | | ALTO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSO | | | BASSO | | |



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> o Buona riduzione di volume dei deflussi d'acqua. o Ottimi per rimozione dell'inquinamento in zone con alte concentrazioni d'inquinamento. o Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi. o Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione. | <ul style="list-style-type: none"> o Non consigliabili in aree scoscese. o Rischi di blocco nei sistemi di connessione. |







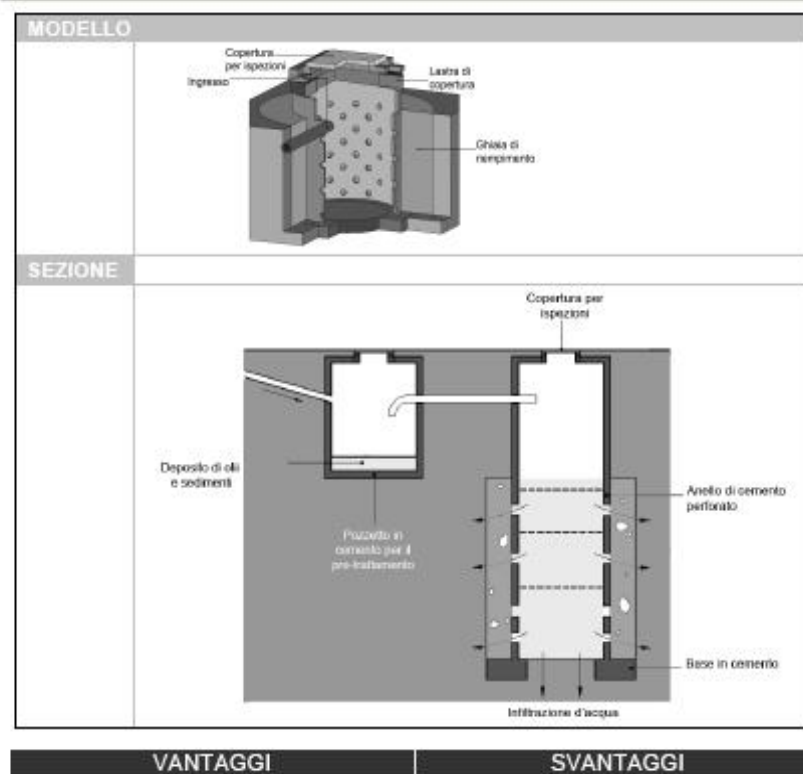
D8

Cisterne sotterranee



Sono cisterne sotterranee di forma quadrata o circolare che vengono alloggiare in contenitori di materiale plastico precedentemente inseriti nel terreno oppure ricoperte in terra battuta o in ghiaio. Possono essere collegate tra loro per il drenaggio di vaste aree aumentando la loro efficacia nella riduzione del rischio idraulico.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|-------|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | NO |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | SI | Impermeabile | NO | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | | | BUONO |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | | | BUONO |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | | | MEDIO |
| | Nutrienti | | | | BASSO |
| | Metalli pesanti | | | | MEDIO |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSO | | | BASSO | | |



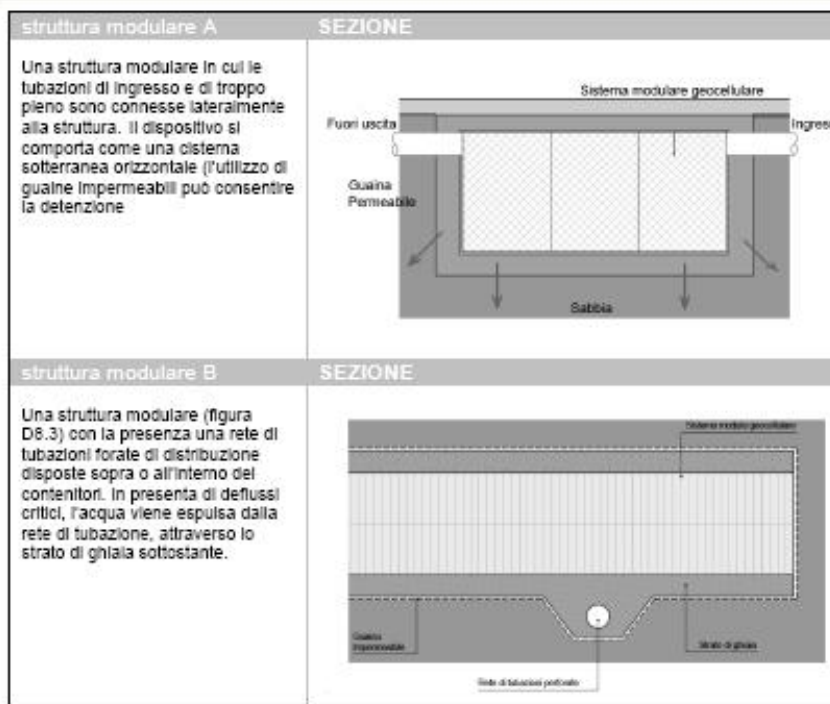
D9

Sistemi modulari geocellulari



Sono dispositivi con un'alta capacità di detenzione che possono essere usati per creare sotto il terreno strutture in grado di contenere grandi quantità d'acqua o di permettere l'infiltrazione nel terreno.

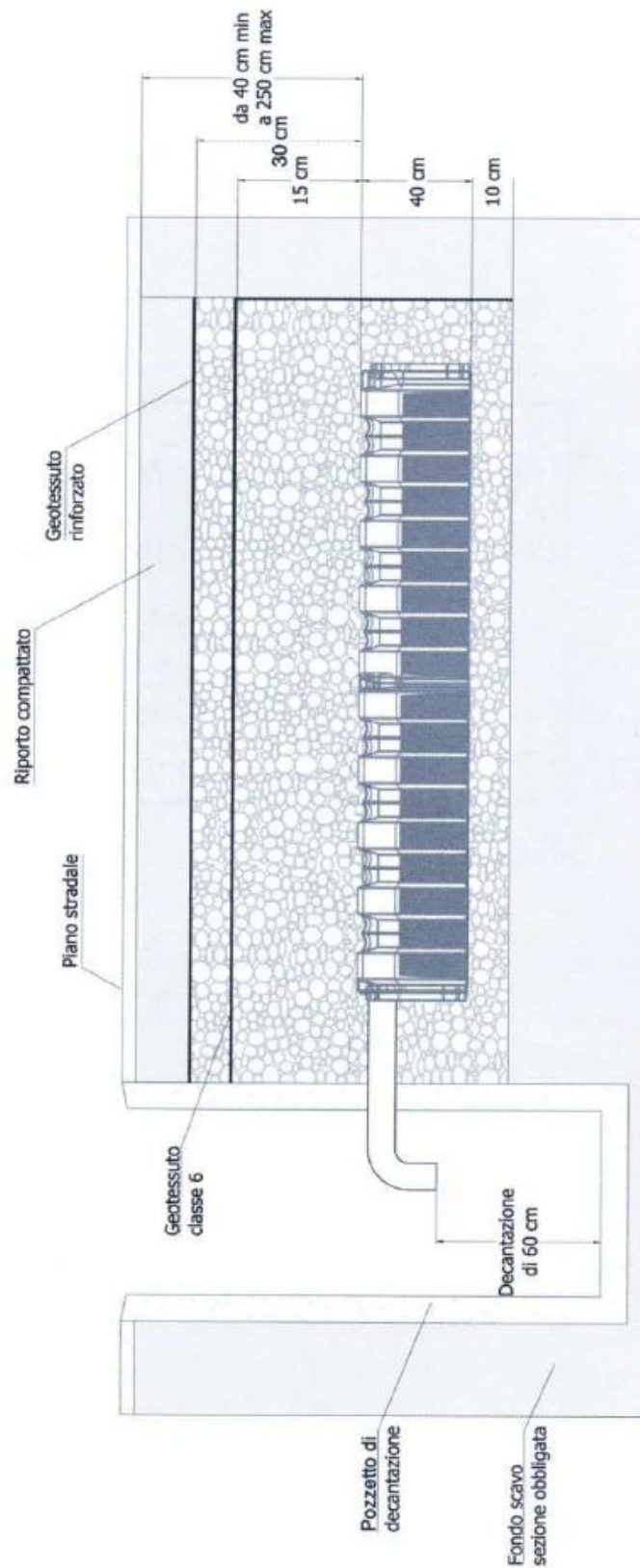
| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----|----------------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | NO |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | NO |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | NO |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BUONO | |
| | | Riduzione del Volume di deflusso | | BUONO | |
| Inquinamento | | Corpi sospesi | | BASSO | |
| | | Nutrienti | | n/c | |
| | | Metalli pesanti | | BASSO | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BASSO | | | BASSO | | |



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Facili da introdurre in spazi aperti. ○ Buona riduzione della velocità dei flussi d'acqua. ○ Buona rimozione dell'inquinamento. ○ Bassi costi. | <ul style="list-style-type: none"> ○ Non consigliato in aree scoscese. ○ Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio. ○ Rischi di blocco dei sistemi di connessione. |









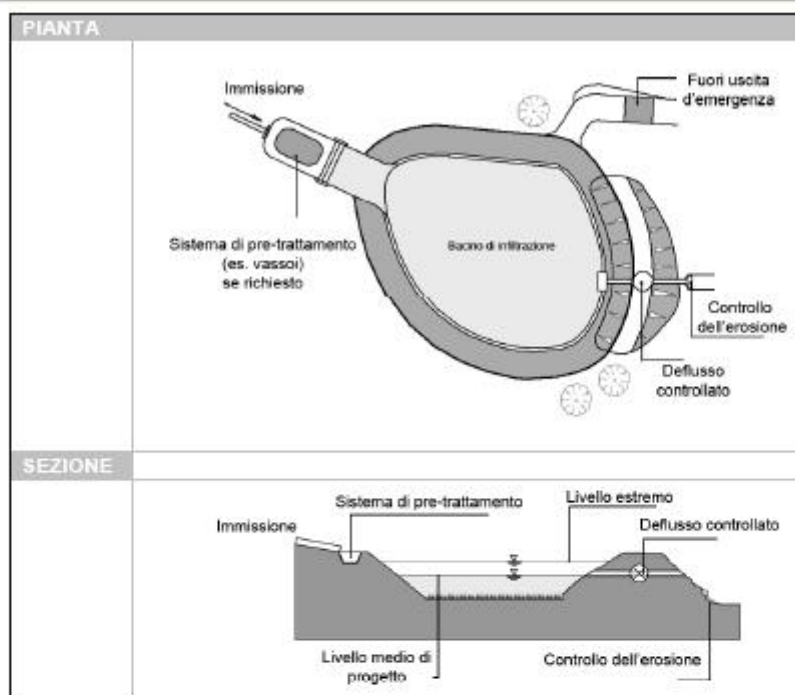
D10

Bacini di infiltrazione



Sono superfici depresse di vegetazione studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno, facilitando un lento deflusso delle acque durante fenomeni di piogge intense.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | NO | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | NO |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | NO |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | NO | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | BUONO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | MEDIO | | |
| | Metalli pesanti | | ALTO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BUONO | | | BUONO | | |



VANTAGGI

- o Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- o Buona riduzione velocità dei flussi d'acqua.
- o Buona rimozione dell'inquinamento.
- o Contribuiscono alla ricarica della falda freatica.

SVANTAGGI

- o Richiede un a specifica conoscenza geotecnica.
- o Richiede ampi spazi.



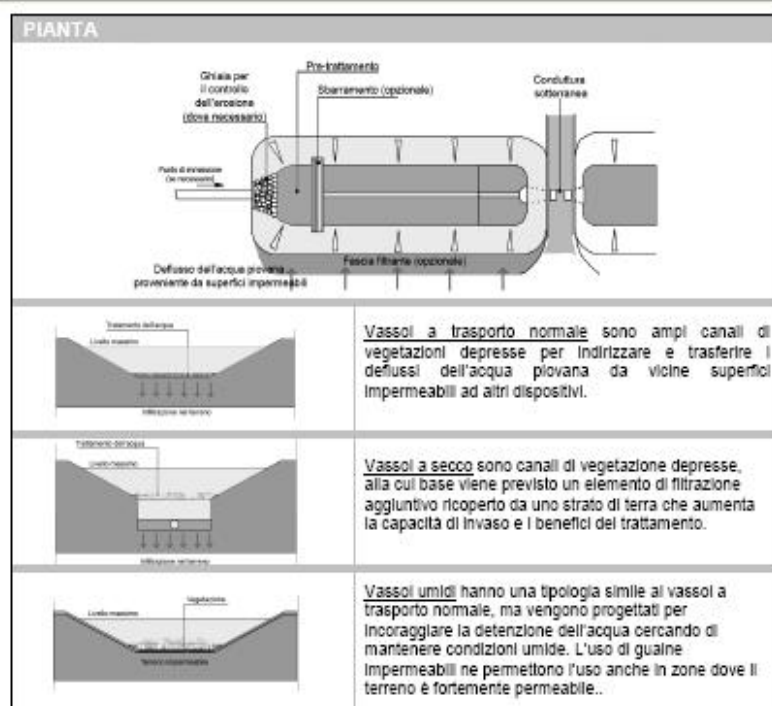
D11

Vassoi



Sono formati da zone depresse lineari di vegetazioni che raccolgono flussi d'acqua da zone impermeabili. Dove possibile, possono essere progettati in modo da consentire infiltrazioni. Possono sostituire i sistemi convenzionali di drenaggio dell'acqua.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | SI | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | NO |
| Trasporto | SI | Controllo territoriale | NO | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | MEDIO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | BASSO | | |
| | Metalli pesanti | | MEDIO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| MEDIO | | | MEDIO | | |



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> o Facili da introdurre in spazi aperti. o Buona riduzione velocità del deflusso d'acqua piovana. o Buona rimozione dell'inquinamento. o Basse costi. | <ul style="list-style-type: none"> o Non consigliati per aree sottese. o Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio. o Rischi di intasamenti nei sistemi di connessione. |



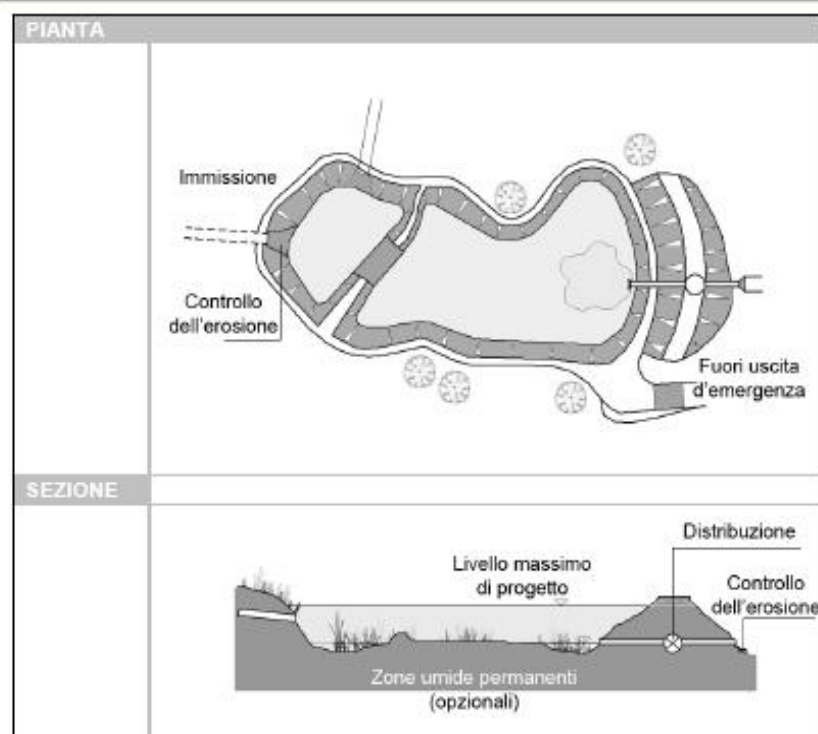
D12

Bacini di detenzione



I Bacini di detenzione sono superfici progettati per detenere il deflusso delle acque piovane. Normalmente asciutti sebbene possono avere piccole vasche piene tra le insenature e nelle vicinanze dei canali di scolo e possono essere usati per funzioni ricreative.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | SI | Controllo locale | NO | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | SI | Strade | SI |
| Riutilizzo | NO | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BUONO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | BASSO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | MEDIO | | |
| | Nutrienti | | BASSO | | |
| | Metalli pesanti | | MEDIO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BUONO | | | BUONO | | |



| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua. ○ Buona rimozione dell'inquinamento. ○ Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento. ○ Possono contenere grandi volumi d'acqua. ○ Doppio uso del suolo. | <ul style="list-style-type: none"> ○ Non consigliabili in aree scoscese. |



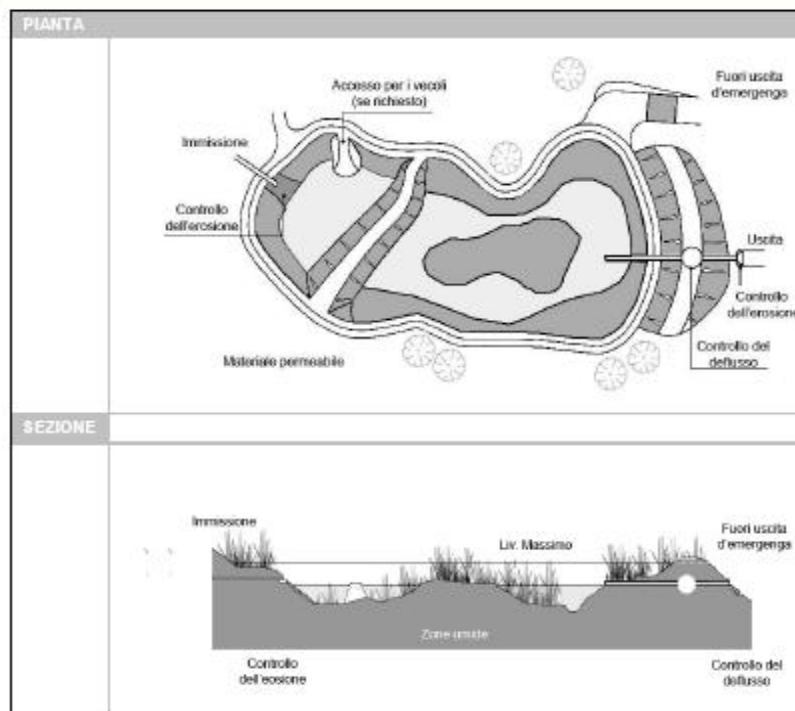
D13

Zone umide



Sono dispositivi che possono fornire attenuazioni al rischio idraulico e trattamenti per migliorare le qualità delle acque. Alternano stagni poco profondi a zone umide paludose ricoperte quasi interamente da vegetazione acquatica. Catturano e detengono i flussi per lunghi periodi permettendo una accurata sedimentazione, facilitando i processi di fitodepurazione in grado di rimuovere i contaminanti, apportando significativi benefici estetici ed ecologici.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | NO | Controllo locale | NO | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | SI | Strade | SI |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | BUONO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | MEDIO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | MEDIO | | |
| | Metalli pesanti | | ALTO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BUONO | | | BUONO | | |



VANTAGGI

- o Possono provvedere a diminuire il rischio Idraulico.
- o Notevoli benefici estetici ed ecologici.
- o Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano.

SVANTAGGI

- o Necessitano di grandi spazi.
- o Limitate attenuazioni dei volumi di deflusso.
- o potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione.



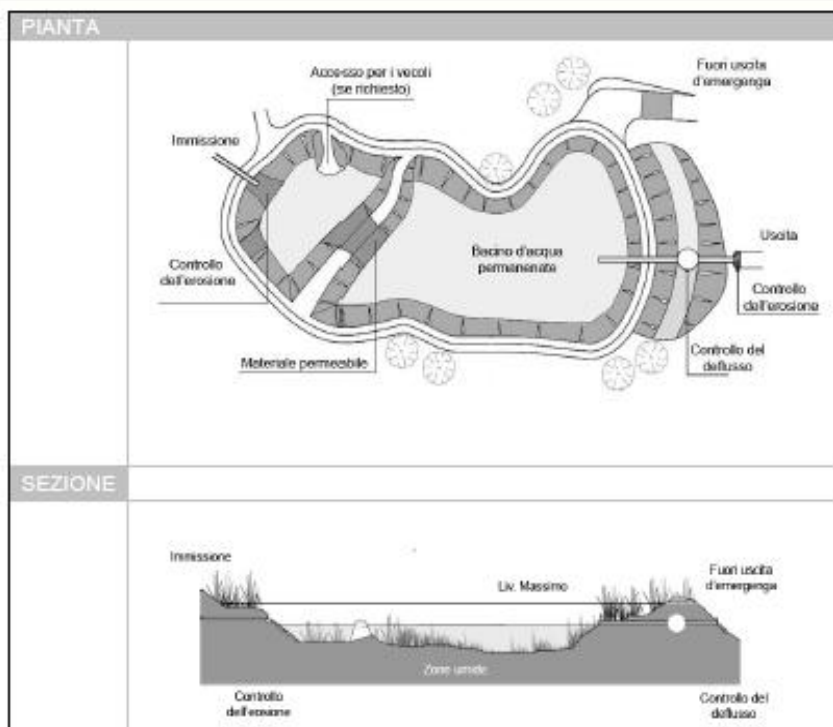
D14

Stagni



Uno stagno è un sistema per il controllo delle acque piovane costituito principalmente da un bacino d'acqua permanentemente. Pensati come luoghi ricchi di vegetazione acquatica emergente e sommersa apportano notevoli benefici estetici ed ecologici consentendo la detenzione e il trattamento dei deflussi di qualsiasi precipitazione al loro interno. Il tempo di ritenzione promuove la rimozione degli inquinanti attraverso la sedimentazione e i processi di fitodepurazione per ridurre le concentrazioni di nutrienti.

| PROCESSO | | GESTIONE | | DESTINAZIONE D'USO | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| Infiltrazione | NO | Controllo locale | NO | Residenziale a bassa densità | SI |
| Detenzione/ attenuazione | SI | Controllo nell'intorno | SI | Residenziale ad alta densità | SI |
| Trasporto | NO | Controllo territoriale | SI | Strade | SI |
| Riutilizzo | SI | | | Commerciale | SI |
| | | | | Industriale | SI |
| | | | | di Riqualifica | SI |
| | | | | Contaminata | SI |
| SPAZIO DISPONIBILE | | | TIPO DI TERRENO | | |
| Basso | NO | Impermeabile | SI | | |
| Alto | SI | Permeabile | SI | | |
| RIDUZIONE DEL RISCHIO | | | | | |
| Idraulico | Riduzione dei Picchi di deflusso | | MEDIO | | |
| | Riduzione del Volume di deflusso | | BASSO | | |
| Inquinamento | Corpi sospesi | | ALTO | | |
| | Nutrienti | | BASSO | | |
| | Metalli pesanti | | MEDIO | | |
| VALORE ECOLOGICO | | | VALORE ESTETICO | | |
| BUONO | | | BUONO | | |



VANTAGGI

- Possono provvedere a diminuire il rischio Idraulico.
- Notevoli benefici estetici ed ecologici.
- Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano.

SVANTAGGI

- Non riduce il volume del deflusso
- Può essere limitato l'utilizzo in luoghi ad alta densità.
- potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione.



B.7. BIBLIOGRAFIA

- D.G.R. 2948 del 6 ottobre 2009, Regione Veneto
- AdB Regionali Romagnoli- Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano stralcio per il rischio idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del PAI (Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003)
- Centro Studi Deflussi Urbani (CSDU): Sistemi di fognatura: manuale di Progettazione, Hoepli, Milano, 1997
- L. DA DEPPO, C. DATEI Fognature, 1997 – Edizione Libreria Cortina, Padova
- PTA Regione Marche – approvato con DCR 145/2010 (pubblicato sul Supplemento n. 1 al BURM n. 20 del 26 febbraio 2010);
- A. PISTOCCHI, La valutazione idrologica dei piani urbanistici: Un metodo semplificato per l'invarianza idraulica dei piani regolatori generali, «Ingegneria Ambientale», vol. XXX, n.7/8, 2001, pp. 407-413;
- E. DALL'ARA e A. PISTOCCHI, Gradienti paesaggistici nel piano ed invarianza idraulica, in A.Biscaglia e P. Vitillo, «Cesena, PRG e tutele ambientali», Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica, n. 117, 2002, pp. 112-127;
- E. DALL'ARA e A. PISTOCCHI, A. 2002 b, Progetto degli spazi aperti per il PEEP di Sant'Egidio, Cesena; elaborati per concorso nazionale di progettazione indetto dal Comune di Cesena, coordinatore del progetto Arch. E. Preger;
- GIORGI L., PISTOCCHI A., L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche – il sistema di monitoraggio dei bacini Romagnoli, Paesaggio Urbano, n. 3/2002;
- GIORGI L., PISTOCCHI A., BROCCOLI D., BRATH A., La problematica dei territori di pianura sottoposti a rapida urbanizzazione “Le analisi idrologiche-idrauliche per la pianificazione di bacino. Manuale operativo di caratterizzazione del rischio idraulico” Rimini, Maggioli, 2004;
- Fiume Adige, Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento. Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n. 3621 del 18/10/2007, Venezia, 2009;
- DAVIDE BROCCOLI, LEONARDO GIORGI, PAOLO MAZZOLI E ALBERTO PISTOCCHI – L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche nel contesto VAS;
- COMUNE DI MELDOLA (Provincia FC) – Progetto di Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa pubblica-privata “La Fornace”. Relazione tecnica, fognatura bianca, invarianza idraulica, Rel. E;
- COMUNE DI FORLIMPOPOLI (Provincia FC)- Proposta di Piano Urbanistico Attuativo – scheda A20 – A03;