

Comune di Vigano San Martino
Provincia di Bergamo

p g t

**STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL
PIANO DI GESTIONE DEL TERRITORIO**

**ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E
SISMICA, AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E
AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)**

Sindaco

Vicesindaco

Tecnico referente



Dott. Geologo
Luigi Paolo Salvetti
Via Nazionale, 65A
24060 Pianico (BG)

**DOCUMENTO
SEMPLIFICATO DI
RISCHIO IDRAULICO**

**R.R. n° 7 del 23/11/2017
agg. R.R. n° 8 del 19/04/2019
agg. R.R. n° 3 del 28/03/2025**

Adozione:

Approvazione:

Masterplanstudio srl
Via Massena 18
20145 Milano



Allegato C

Sommario

1. Premessa.....	2
1.2 Inquadramento Normativo	2
1.3 Analisi dello Stato di Fatto	2
1.4 Valutazione della Pericolosità	2
1.5 Misure di Mitigazione (Invarianza Idraulica)	2
1.6 Gestione delle Acque Meteoriche	3
2. Documento Semplificato del Rischio Idraulico (DSRI) del Comune di Vigano San Martino (BG).....	3
2.1 Inquadramento e Classe di Criticità	3
2.3 Criteri di Invarianza Idraulica (Limiti di Portata)	3
2.4 Aree a Pericolosità Idraulica (PGRA)	4
2.5 Prescrizioni per il Regolamento Edilizio	4
3. Analisi del Sistema Idrografico Locale	4
4. Prescrizioni Tecniche per il PGT (Art. 14 R.R. 7/2017)	5
4.1 Limiti di Immissione:.....	5
4.2 Fasce di Rispetto e Invarianza:.....	6
4.3 Gestione del Trasporto Solido:	6
5. Sintesi per l'istruttoria edilizia	6
6. Disposizioni Integrative per il Progettista (NTA)	7
7. Formula di Calcolo del Volume di Invaso (W_0).....	7
7.1 Parametri Pluviometrici di Riferimento ($T_r = 50$ anni).....	8
7.1 Requisiti Minimi Parametrici.....	9
8. Corredo Tecnico Obbligatorio (Allegati al Titolo Edilizio)	9
8.1 Relazione Idrologica e Idraulica	10
8.2 Elaborati Grafici di Progetto	10
8.3 Asseverazione di Invarianza Idraulica.....	10
8.4 Scheda di Censimento Regionale (Allegato M-bis)	11
8.5 Piano di Manutenzione dell'Opera	11
9. Inquadramento Territoriale e Morfologico	11
9.1 Assetto Fisiografico.....	11
9.2 Idrografia e Reticolo Idrico	11
9.3 Geologia e Permeabilità	12
9.4 Urbanizzazione e Rischio Idraulico.....	12
9.5 Punti chiave per la pianificazione (PGT)	12
10. Zone di Pressione Urbanistica e Criticità Localizzate	13
10.1 Polo Commerciale e Produttivo (Asse SS42)	13
10.2 Ambito Residenziale Pedecollinare.....	13
10.3 Zone di Rigenerazione nel Nucleo Storico	13
11. Sintesi degli Obiettivi di Piano	14
12. Gestire l'Acqua, - Guida alle nuove regole di Invarianza Idraulica per il PGT	15
12.1 Cos'è l'Invarianza Idraulica?.....	15
12.2 Cosa deve fare il tuo progettista?.....	15
12.3 Le 3 Soluzioni Preferite a Vigano	15
12.4 Attenzione ai Vincoli.....	16
12.5 Cosa cambia con il Regolamento 3/2025	16

Allegati

Allegato I - ESEMPI DI CONFIGURAZIONI DEL COLLEGAMENTO TRA L'USCITA DI UN INVASO DI LAMINAZIONE E LO SCARICO NEL RICETTORE

Allegato L - INDICAZIONI TECNICHE COSTRUTTIVE ED ESEMPI DI BUONE PRATICHE DI GESTIONE DELLA ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO

Allegato M - CALCOLO DEL COSTO UNITARIO PARAMETRICO PER LA MONETIZZAZIONE

Allegato C1 - Carta delle dotazioni infrastrutturali e delle aree a rischio idraulico

1. Premessa

1.2 *Inquadramento Normativo*

Il presente documento risponde all'obbligo previsto dall'**Art. 14 del R.R. 7/2017** per i comuni non ricadenti in aree ad alta/media criticità o come strumento transitorio per gli altri.

- **R.R. 7/2017:** Regolamento capostipite sull'invarianza idraulica.
- **R.R. 8/2019:** Integrazioni sulle modalità di calcolo e applicazione.
- **R.R. 3/2025:** Ultimo aggiornamento tecnico e procedurale.

1.3 *Analisi dello Stato di Fatto*

- **Inquadramento territoriale:** Descrizione sintetica del Comune e del bacino idrografico di riferimento.
- **Criticità Idraulica:** Classificazione del territorio (Area A, B o C) secondo l'Allegato B del Regolamento.
- **Ricettori di scarico:** Identificazione dei corpi idrici (fiumi, rogge) e delle reti fognarie gestite.

1.4 *Valutazione della Pericolosità*

Si riportano le aree soggette a potenziali allagamenti basandosi su:

- **Dati storici:** Eventi di esondazione o crisi della rete fognaria noti localmente.
- **Mappe di Piano:** Consultazione del [Piano di Gestione del Rischio Alluvioni \(PGRA\)](#) dell'Autorità di Distretto.
- **Capacità dei ricettori:** Valutazione della portata massima ammissibile (es. 10 l/s*ha per Area A).

1.5 *Misure di Mitigazione (Invarianza Idraulica)*

Definizione delle strategie per garantire che le portate di deflusso post-intervento non superino quelle pre-intervento:

- **Misure Strutturali:** Vasche di volano, trincee drenanti, tetti verdi o pavimentazioni permeabili.
- **Misure Non Strutturali:** Manutenzione ordinaria dei fossi e sistemi di monitoraggio pluviometrico.

1.6 Gestione delle Acque Meteoriche

- **Drenaggio Urbano Sostenibile (SUDS):** Priorità all'infiltrazione in loco rispetto allo scarico in rete.
- **Limiti di scarico:** Applicazione dei coefficienti di calcolo previsti dall'Allegato C per le diverse trasformazioni d'uso del suolo.

Per il Comune di **Vigano San Martino (BG)**, classificato in **Area A (Alta Criticità Idraulica)** secondo l'Allegato C del R.R. 7/2017, il Documento Semplificato del Rischio Idraulico (DSRI) è un allegato fondamentale del PGT per gestire l'invarianza idraulica.

2. Documento Semplificato del Rischio Idraulico (DSRI) del Comune di Vigano San Martino (BG)

2.1 Inquadramento e Classe di Criticità

- **Reticolo Idrico Principale:** Gestione sovracomunale (es. fiume Cherio o affluenti principali).
- **Reticolo Idrico Minore (RIM):** Gestito direttamente dal Comune tramite il proprio Regolamento di Polizia Idraulica.
- **Rete Fognaria:** Gestita dall'ente d'ambito per le acque meteoriche.

2.3 Criteri di Invarianza Idraulica (Limiti di Portata)

Essendo in **Area con Criticità Idraulica "A" e Coefficiente P "1"**, si applicano i limiti più restrittivi per i nuovi scarichi:

- **Portata massima ammissibile qu:** 10 l/s per ettaro di superficie impermeabile.

- **Obbligo di invarianza:** Si applica a nuove costruzioni, ristrutturazioni con aumento di impermeabilizzazione e pavimentazioni di aree prima a verde.

- **Priorità di gestione:**

1. Infiltrazione nel suolo (ove geologicamente possibile).
2. Riutilizzo irriguo o tecnologico.
3. Laminazione (vasche di volano) con rilascio controllato nel ricettore.

2.4 Aree a Pericolosità Idraulica (PGRA)

Il documento recepisce le perimetrazioni del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA):

- **Zone P3 (Elevata):** Forti vincoli all'edificazione e obbligo di studi idraulici di dettaglio.
- **Zone P2 (Media) e P1 (Bassa):** Applicazione rigorosa delle misure di compenso.

2.5 Prescrizioni per il Regolamento Edilizio

Per l'attuazione del PGT, ogni progetto deve includere:

- **Relazione di Invarianza Idraulica:** Firmata da tecnico abilitato, contenente il calcolo dei volumi di laminazione necessari $\Delta V = V_{post} - V_{ante}$.
- **Scheda di Monitoraggio:** Compilazione obbligatoria dei moduli regionali (Allegato M-bis) per il censimento delle opere di invarianza.

3. Analisi del Sistema Idrografico Locale

I corsi d'acqua più importanti nel territorio di **Vigano San Martino** che influenzano il rischio idraulico e devono essere citati nel documento per il PGT sono:

- **Fiume Cherio:** è l'asta fluviale principale che attraversa la valle. Determina le fasce di rispetto e le aree di esondabilità (P1, P2, P3) definite dal PGRA del Distretto del Po.
- **Reticolo Idrico Minore (RIM):** include i piccoli corsi d'acqua e i canali di scolo che raccolgono le acque meteoriche dai versanti collinari, spesso critici per fenomeni di trasporto solido e colate detritiche.

I corsi d'acqua definiscono la capacità di scarico del sistema:

Distanze di Rispetto: Ogni intervento edilizio in prossimità del Cherio e del RIM deve rispettare la fascia di rispetto (10 metri per il reticolo principale e 10 metri per il minore, salvo diverse disposizioni del Regolamento di Polizia Idraulica).

Punti di Immissione: Le portate di progetto calcolate secondo il R.R. 7/2017 (limite di 10 l/s*ha per l'Area A) devono essere verificate rispetto alla capacità idraulica residua di questi corpi idrici.

Rischio Localizzato: Per i corsi d'acqua minori provenienti dai versanti, il documento deve prevedere misure di protezione contro l'occlusione delle sezioni (ponti e tombini) dovuta al materiale trasportato durante forti piogge.

Il territorio è caratterizzato da un sistema complesso che riceve i deflussi dai versanti montuosi e li convoglia verso il fondovalle. I recettori finali per l'invarianza idraulica sono:

- **Fiume Cherio:** Ricettore principale di fondovalle. In quanto asta del Reticolo Idrico Principale, ogni scarico diretto richiede il parere dell'Autorità competente e il rispetto rigoroso dei limiti di portata (Area A). Fanno parte del RIP anche i torrenti **Drione e Closale**
- **Torrente Valzello, e altri:** Costituiscono l'ossatura del Reticolo Idrico Minore (RIM). Questi torrenti presentano un regime torrentizio con tempi di corrivazione brevi; la loro gestione è di competenza comunale.

4. Prescrizioni Tecniche per il PGT (Art. 14 R.R. 7/2017)

Per ogni nuovo intervento che scarica in questi torrenti, il documento deve prevedere:

4.1 Limiti di Immissione:

Massimo **10 l/s per ettaro** per lo scarico nel Cherio e nei suoi affluenti (Valzello, Drione, Closale).

Obbligo di **vasche di laminazione** per compensare l'impermeabilizzazione di nuove aree (residenziali o industriali).

4.2 Fasce di Rispetto e Invarianza:

Vige l'inedificabilità assoluta entro la fascia di rispetto dei corsi d'acqua (10 m per il RIP, 10 m per il RIM).

Il **R.R. 3/2025** introduce l'obbligo di considerare non solo il picco di piena, ma anche il **volume totale di deflusso**, favorendo il rilascio lento e scaglionato nei torrenti minori per evitare erosioni spondali.

4.3 Gestione del Trasporto Solido:

Data la natura montana di Valzello, Drione e Closale, il PGT deve prescrivere la manutenzione costante degli alvei per evitare che detriti o vegetazione ostruiscano i ponti durante eventi meteorici intensi.

5. Sintesi per l'istruttoria edilizia

Ogni pratica edilizia allegata al PGT dovrà ora contenere la "Asseverazione di invarianza idraulica" che specifichi:

- In quale dei 4 torrenti scarica l'acqua meteorica.
- Il calcolo del volume minimo di invaso minimo 800 m³ per ettaro impermeabilizzato, salvo calcolo idrologico specifico).

Tabella di Sintesi dei Vincoli e Prescrizioni Idrauliche

Inseriamo di seguito una tabella sintetica dei vincoli e delle prescrizioni che integra i dettami dei Regolamenti Regionali **7/2017**, **8/2019** e **3/2025** con le specificità dei tuoi corsi d'acqua.

Corso d'Acqua	Classificazione Reticolo	Fascia di Rispetto (Inedificabilità)	Limite di Scarico (Invarianza)	Note Tecniche / Criticità
Fiume Cherio	Principale (Regionale)	10 metri dalla linea di sponda	10 l/s * (Area A)	Soggetto a PGRA (Aree P1, P2, P3). Scarichi soggetti ad autorizzazione idraulica regionale/provinciale.
T. Valzello	Minore	10 metri*	10 l/s * ha	Monitoraggio trasporto solido e

	(Comunale)		(Area A)	detritico. Verificare sezione ponti esistenti.
T. Drione	Principale (Regionale)	10 metri*	10 l/s * ha (Area A)	Attenzione a fenomeni di erosione spondale in caso di picchi di portata.
T. Closale	Principale (Regionale)	10 metri*	10 l/s * ha (Area A)	Necessaria manutenzione alveo per prevenire ostruzioni da vegetazione.

**La distanza esatta (10m) dipende dalla classificazione specifica nel Regolamento di Polizia Idraulica Comunale.*

6. Disposizioni Integrative per il Progettista (NTA)

Ai sensi del **R.R. 3/2025**, per ogni intervento nel territorio comunale si applicano le seguenti priorità:

1. **Infiltrazione Prioritaria:** Ove le condizioni geologiche lo consentano (verificate tramite relazione geotecnica), l'acqua meteorica deve essere smaltita tramite **pozzi perdenti** o **trincee drenanti** per ricaricare la falda.
2. **Laminazione Obbligatoria:** Qualora l'infiltrazione non sia possibile, è obbligatorio prevedere **vasche di volano** (interrate o verdi) dimensionate per un evento meteorico con tempo di ritorno di **50 anni**.
3. **Coefficiente di Deflusso:** Per le aree urbanizzate, il coefficiente di deflusso post-operam deve essere calcolato considerando la massima impermeabilizzazione potenziale prevista dal PGT.
4. **SUDs (Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile):** Per parcheggi e aree pubbliche, privilegiare pavimentazioni filtranti e "rain gardens" (giardini della pioggia) per ridurre il carico verso i torrenti Drione, Valzello e Closale.

Si ritiene opportuno evidenziare che con il nuovo **R.R. 3/2025**, l'asseverazione del tecnico abilitato deve ora includere anche la verifica della **stabilità dei versanti** qualora si scelga lo scarico per infiltrazione, data la natura collinare di Vigano San Martino.

7. Formula di Calcolo del Volume di Invaso (W_0)

Il volume d'invaso specifico per ettaro di superficie impermeabile si ottiene determinando la durata critica dell'evento meteorico che massimizza il volume necessario. **La formula di calcolo del volume di laminazione** specifica per la tua zona pluviometrica è:

$$W_0 = [S * \phi * a * D_w^n] - [Q_u * D_w]$$

Dove:

- **W₀ (m³):** Volume di invaso (laminazione) richiesto per l'intervento.
- **S (ha):** Superficie scolante totale interessata dall'intervento.
- **phi:** Coefficiente di deflusso (adimensionale, tipicamente tra 0.8 e 0.9 per aree edificate).
- **a e n:** Parametri della curva di possibilità pluviometrica (forniti da ARPA Lombardia) per un tempo di ritorno T = 50 anni.
- **Dw (h):** Durata critica dell'evento meteorico (variabile da ottimizzare per trovare il W_{max}).
- **Qu (l/s):** Portata massima ammissibile allo scarico, calcolata come:

$$Q_u = q_u S$$

dove $q_u = 10$ l/s ha (Limite Area A per Vigano San Martino).

7.1 Parametri Pluviometrici di Riferimento (Tr = 50 anni)

Per il calcolo del volume di invaso, i progettisti dovranno adottare la curva di possibilità pluviometrica espressa dalla formula:

$$h(t) = a t^n$$

Dove i parametri **a** e **n** per il territorio di Vigano San Martino sono fissati come segue:

- **Parametro a: 58,4** (espresso in mm/h per una durata di 1 ora)
- **Parametro n: 0,28** (coefficiente adimensionale)
- **Tempo di Ritorno (Tr): 50 anni**

Tabella delle intensità di pioggia critiche (Esempio di calcolo)

Sulla base di questi parametri, si riportano i valori di pioggia per diverse durate, utili al dimensionamento delle vasche di laminazione:

Durata Pioggia (minuti)	Altezza di pioggia h (mm)	Intensità i (mm/h)
15 min	39,6	158,4
30 min	48,2	96,4
60 min (1h)	58,4	58,4
120 min (2h)	71,1	35,5

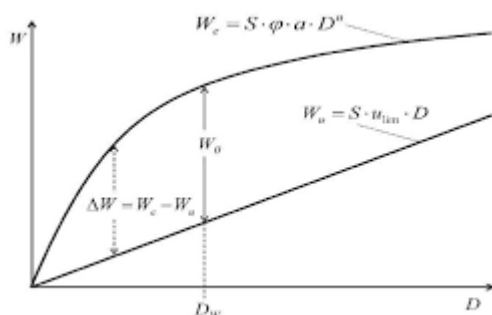
7.1 Requisiti Minimi Parametrici

Secondo il **R.R. 3/2025**, il volume di laminazione finale da adottare deve essere il **maggiore** tra quello risultante dal calcolo analitico sopra riportato e i seguenti valori minimi cautelativi per l'Area A:

- **Invarianza Idraulica:** minimo **800 m³ per ettaro** di superficie impermeabilizzata.
- **Tempo di svuotamento:** l'invaso deve svuotarsi completamente entro **48 ore** dal termine dell'evento meteorico per garantire efficienza in caso di piogge successive.

- **INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA**

SCOLANTE IMPERMEABILE. $W = 800 \cdot 220 / 10.000 = 17,60 \text{ m}^3$ volume degli invasi di laminazione richiesti da svuotare entro 48 ore da fine ...



8. Corredo Tecnico Obbligatorio (Allegati al Titolo Edilizio)

Per completare il **Documento Semplificato del Rischio Idraulico** come allegato al PGT, si riporta l'elenco della documentazione tecnica obbligatoria che i progettisti devono presentare per ogni intervento edilizio a Vigano San Martino.

Questa lista recepisce le ultime semplificazioni e gli obblighi di monitoraggio previsti dal **R.R. 3/2025**.

Ogni pratica edilizia che comporti una modifica dell'impermeabilizzazione del suolo deve essere accompagnata dai seguenti elaborati:

8.1 Relazione Idrologica e Idraulica

Documento a firma di tecnico abilitato contenente:

- **Stato di fatto:** Calcolo della superficie impermeabile esistente e coefficienti di deflusso ante-operam.
- **Stato di progetto:** Calcolo della nuova superficie e dei volumi di laminazione necessari.
- **Scelta del ricettore:** Identificazione del punto di scarico (Fiume Cherio o torrenti Valzello, Drione, Closale).
- **Drenaggio Urbano Sostenibile:** Giustificazione tecnica in caso di mancata adozione di sistemi di infiltrazione (es. in presenza di versanti instabili o terreni impermeabili).

8.2 Elaborati Grafici di Progetto

- **Planimetria delle reti:** Indicazione separata delle acque bianche e nere.
- **Dettaglio costruttivo dell'opera di invarianza:** Piante e sezioni quotate della vasca di volano, dei pozzi perdenti o delle trincee drenanti.
- **Dispositivi di regolazione:** Schema del limitatore di portata (es. strozzatura, idrovalvola) tarato sul limite di **10 l/s*ha**.

8.3 Asseverazione di Invarianza Idraulica

Dichiarazione formale del progettista che attesta:

- Il rispetto dei limiti di portata allo scarico previsti per l'**Area A**.
- La conformità delle opere ai **Regolamenti Regionali 7/2017, 8/2019 e 3/2025**.

- L'assenza di aggravio del rischio idraulico per le proprietà confinanti e per il reticolo idrico (Valzello, Drione, Closale).

8.4 Scheda di Censimento Regionale (Allegato M-bis)

Inserimento dei dati nel sistema informativo di Regione Lombardia per il monitoraggio delle opere di invarianza. La scheda deve riportare:

- Coordinate geografiche del manufatto.
- Volume di laminazione realizzato m³.
- Portata di scarico autorizzata l/s.

8.5 Piano di Manutenzione dell'Opera

Documento che impegna il proprietario (o il condominio) a:

- Pulizia periodica dei filtri e dei sedimenti nelle vasche.
- Verifica della funzionalità dei dispositivi di scarico controllato prima della stagione autunnale.

9. Inquadramento Territoriale e Morfologico

9.1 Assetto Fisiografico

Il territorio comunale di Vigano San Martino si estende sul versante destro della **Val Cavallina**. La sua conformazione è caratterizzata da un dualismo morfologico netto:

- **Settore Montano/Collinare:** Caratterizzato da versanti ripidi che drenano rapidamente le acque meteoriche. Qui hanno origine i torrenti **Valzello, Drione e Closale**.
- **Fondovalle Alluvionale:** Un'area pianeggiante dove si concentra l'urbanizzazione e dove scorre il **Fiume Cherio**. Questa zona funge da recettore finale per l'intero sistema idrografico locale.

9.2 Idrografia e Reticolo Idrico

Il sistema idraulico è dominato dall'asta principale del **Fiume Cherio**, che segna il confine orografico e riceve i contributi del reticolo minore:

- **T. Valzello, Drione e Closale:** Questi corsi d'acqua presentano un carattere tipicamente torrentizio. Durante eventi meteorici intensi, i tempi di risposta sono estremamente brevi (basso tempo di corrivazione), con un potenziale elevato di trasporto di sedimenti e detriti verso l'abitato.
- **Criticità:** La pendenza dei versanti accelera il deflusso superficiale, rendendo fondamentale il controllo dell'impermeabilizzazione nelle zone pedecollinari per evitare colate di fango o saturazione improvvisa dei canali tombati.

9.3 *Geologia e Permeabilità*

Il sottosuolo di Vigano San Martino presenta una variabilità che influenza le scelte di invarianza idraulica:

- **Depositi detritici e alluvionali:** Nel fondovalle è possibile riscontrare aree con discreta capacità di filtrazione, dove i **SUDs (Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile)** come i pozzi perdenti risultano efficaci.
- **Formazioni rocciose e versanti:** Nelle zone più elevate, la scarsa permeabilità e il rischio di instabilità dei versanti sconsigliano l'infiltrazione diretta nel suolo, rendendo obbligatorio il ricorso a **vasche di laminazione** con rilascio controllato nei torrenti.

9.4 *Urbanizzazione e Rischio Idraulico*

Il tessuto urbano si è sviluppato storicamente lungo le direttrici pedemontane e di fondovalle.

- **Area A (Alta Criticità):** La classificazione regionale riflette la necessità di proteggere il nucleo abitato dalle piene del Cherio e di gestire correttamente le acque meteoriche provenienti dalle nuove zone residenziali e artigianali, per non sovraccaricare il reticolo minore già sollecitato.

9.5 *Punti chiave per la pianificazione (PGT)*

- **Tutela dei corridoi fluviali:** Mantenere libere le aree di esondazione naturale del Cherio.
- **Manutenzione preventiva:** Pulizia sistematica degli alvei di Valzello, Drione e Closale, specialmente in corrispondenza degli attraversamenti stradali.

- **Invarianza rigorosa:** Applicazione del limite di 10 l/s*ha per contrastare l'aumento di velocità del deflusso causato dalla pendenza naturale del territorio.

10. Zone di Pressione Urbanistica e Criticità Localizzate

Le zone strategiche di **Vigano San Martino**, Il PGT individua ambiti specifici dove la gestione delle acque meteoriche richiede un'attenzione particolare per non compromettere l'equilibrio idraulico del **Fiume Cherio** e del reticolo minore.

10.1 Polo Commerciale e Produttivo (Asse SS42)

L'area situata lungo la **Strada Statale 42 del Tonale e della Mendola** rappresenta la zona a maggiore impermeabilizzazione potenziale.

- **Criticità:** Le ampie superfici coperte (capannoni, piazzali, parcheggi) generano volumi di dilavamento istantanei molto elevati.
- **Prescrizione PGT:** Per ogni ampliamento o nuova costruzione in questa fascia, è fatto obbligo di prevedere sistemi di **laminazione diffusa**. Si consiglia l'uso di pavimentazioni drenanti per i parcheggi e vasche di volano dimensionate con un franco di sicurezza del 20% rispetto ai minimi regionali, data la vicinanza al recettore Cherio.

10.2 Ambito Residenziale Pedecollinare

Le zone di espansione o completamento situate ai piedi dei versanti (aree servite dai torrenti **Valzello e Drione**) presentano rischi legati alla pendenza.

- **Criticità:** L'acqua proveniente dai tetti e dalle rampe private tende ad acquisire velocità elevata, sovraccaricando le griglie stradali e i piccoli collettori comunali.
- **Prescrizione PGT:** Obbligo di **sistemi di rallentamento** (es. cisterne di recupero acque piovane per uso irriguo) prima dello scarico nel reticolo. È vietato lo scarico diretto per scorrimento superficiale verso la sede stradale o verso i fondi inferiori.

10.3 Zone di Rigenerazione nel Nucleo Storico

Negli interventi di ristrutturazione nel centro edificato, dove gli spazi per grandi vasche di laminazione sono limitati:

- **Criticità:** Impossibilità tecnica di realizzare opere d'invasi standard.
- **Prescrizione PGT:** In conformità al **R.R. 3/2025**, si ammettono soluzioni di "Invarianza Idraulica Creativa" come:
 - **Tetti verdi** (estensivi o intensivi).
 - **Piccoli bacini di detenzione** integrati nell'arredo urbano.
 - Sostituzione di cortili cementati con **moduli in grigliato erboso**.

11. Sintesi degli Obiettivi di Piano

Zona di Intervento	Obiettivo Prioritario	Strumento Consigliato
Area Produttiva / SS42	Riduzione Picco di Piena	Vasche di volano / Bacini di infiltrazione
Zone Residenziali	Riduzione Volume Totale	Recupero acque grigie / Trincee drenanti
Versanti e aree RIM	Protezione Spondale	Regolazione portate a 10 l/s*ha

12. Gestire l'Acqua - Guida alle nuove regole di Invarianza Idraulica per il PGT

In questo capitolo viene proposta una "**Guida Pratica all'Invarianza Idraulica**", pensata per il sito web del Comune di Vigano San Martino. L'obiettivo è tradurre i tecnicismi dei Regolamenti 7, 8 e 3 in passi concreti per cittadini e professionisti. Costruire o ristrutturare a Vigano San Martino oggi significa prendersi cura del **Fiume Cherio** e dei torrenti (**Valzello, Drione, Closale**). Ecco cosa bisogna sapere prima di presentare un progetto.

12.1 Cos'è l'Invarianza Idraulica?

È il principio per cui, dopo un intervento edilizio, l'acqua piovana deve defluire dal tuo terreno verso i torrenti con la **stessa velocità e quantità** di quando il terreno era prato.

- **L'obiettivo:** evitare allagamenti a valle e non sovraccaricare i nostri torrenti durante i temporali.

12.2 Cosa deve fare il tuo progettista?

Per ogni intervento che aumenta la superficie coperta (tetti, piazzali, piscine), la pratica edilizia deve includere:

1. **Relazione Tecnica:** calcolo del "Volume di Invarianza".
2. **Scelta del Sistema:** decidere come gestire l'acqua (Infiltrare? Recuperare? Invasare?).
3. **Asseverazione:** firma del tecnico che garantisce il rispetto dei limiti regionali (**Area A - 10 l/s*ha**).

12.3 Le 3 Soluzioni Preferite a Vigano

- **1. Infiltrazione (Pozzi Perdenti):**
 - *Quando:* Se il terreno è ghiaioso/sabbioso.
 - *Vantaggio:* Ricarica la falda ed è l'opzione più ecologica.
- **2. Recupero e Riutilizzo:**
 - *Quando:* Sempre consigliato per ville e giardini.

- *Vantaggio*: Usi l'acqua piovana per l'irrigazione, risparmiando sulla bolletta.
- **3. Laminazione (Vasche di Volano):**
 - *Quando*: Obbligatoria per grandi piazzali o aree produttive (SS42).
 - *Vantaggio*: Trattiene l'acqua durante la tempesta e la rilascia nel torrente molto lentamente.

12.4 Attenzione ai Vincoli

- **Fasce di Rispetto**: Non si può costruire nulla (nemmeno recinzioni chiuse) entro i **10 metri** dal Cherio o **10 metri** dai torrenti minori.
- **Manutenzione**: Se realizzi una vasca di volano, è tuo dovere tenerla pulita da foglie e detriti per garantirne il funzionamento.

12.5 Cosa cambia con il Regolamento 3/2025

Il nuovo regolamento semplifica le procedure per i piccoli interventi ma richiede più attenzione alla **stabilità dei versanti**. Se il tuo terreno è in pendenza, il geologo dovrà confermare che l'acqua infiltrata non crei smottamenti.

ESEMPI DI CONFIGURAZIONI DEL COLLEGAMENTO TRA L'USCITA DI UN INVASO DI LAMINAZIONE E LO SCARICO NEL RICETTORE

Nelle figure seguenti sono riportati alcuni esempi di configurazioni del collegamento tra l'uscita di un vaso di laminazione e lo scarico nel ricettore, sia per scarichi a gravità che per sollevamento.

Figura 16 – Particolari vasca di laminazione con scarico a gravità, con e senza deposito ad uso irriguo (da: Comune di Trento)

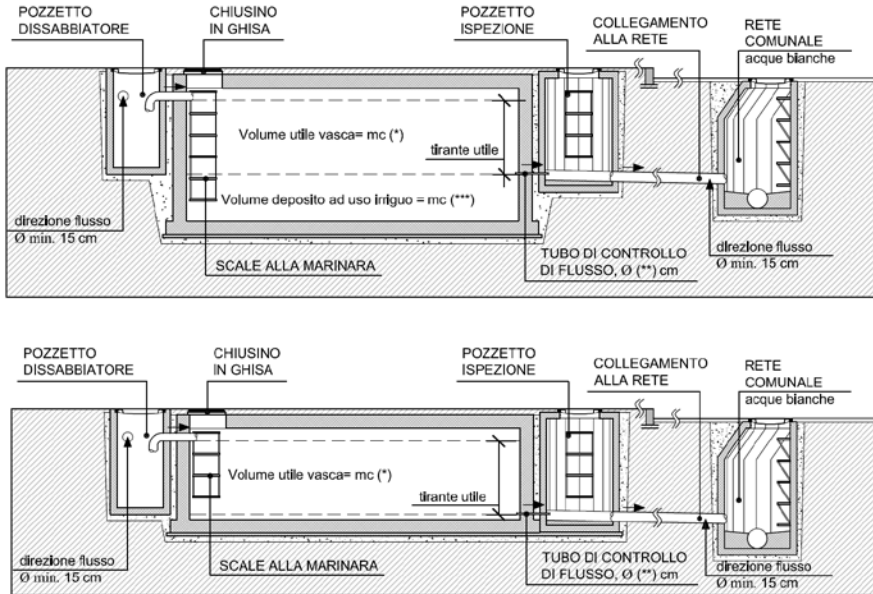
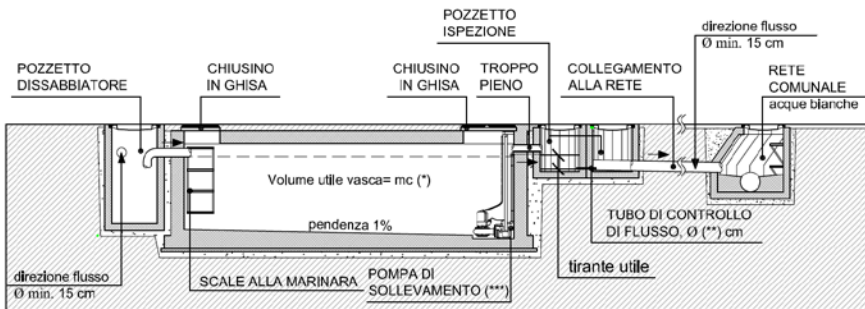


Figura 17 - Particolari vasca di laminazione con scarico mediante pompaggio, senza deposito ad uso irriguo (da: Comune di Trento)



INDICAZIONI TECNICHE COSTRUTTIVE ED ESEMPI DI BUONE PRATICHE DI GESTIONE DELLA ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO**1. GENERALITÀ**

Nel presente capitolo sono sinteticamente esposte alcune indicazioni tecniche per la realizzazione delle infrastrutture finalizzate al rispetto degli obiettivi e dei limiti indicati nei precedenti capitoli.

Si tratta di indicazioni di primo orientamento in merito alle strutture, alle caratteristiche e alle dimensioni necessarie per il conseguimento degli obiettivi richiesti. Per le determinazioni e le progettazioni di dettaglio è necessario riferirsi alla vasta letteratura tecnica dell'ingegneria idraulica del settore.

2. OPERE DI LAMINAZIONE**Generalità**

Le strutture di laminazione atte all'abbattimento delle portate pluviali e meteoriche entro determinati limiti rappresentano la famiglia più numerosa di tecniche di mitigazione degli allagamenti. Questi manufatti hanno la funzione di invasare provvisoriamente una parte, anche notevole, dei volumi idrici derivanti dagli eventi meteorici, per inviarli successivamente alla depurazione o per restituirli al ricettore finale, con portata ridotta e con essi compatibile. Sono classificabili tra le strutture di immagazzinamento anche quelle che non contemplano uno scarico verso valle ma lo svuotamento attraverso l'infiltrazione.

In generale la classificazione delle opere di laminazione viene effettuata sulla base di differenti criteri, di seguito brevemente descritti:

- funzione assoluta: DETENZIONE o RITENZIONE
- posizione rispetto alla rete drenante: TRANSITO (in linea) o CATTURA (fuori linea)
- posizione rispetto al piano campagna: SUPERFICIALE o SOTTERRANEA

Detenzione: tutti i deflussi o parte di essi vengono temporaneamente invasati e contemporaneamente rilasciati attraverso gli scarichi nel sistema di drenaggio di valle, con portata limitata nei limiti prescritti al punto 1. In questo caso il volume invasato è trattenuto solo temporaneamente nell'invaso e l'onda laminata uscente da esso si sviluppa nel corso dello stesso evento meteorico.

Ritenzione: tutti i deflussi o parte di essi vengono invasati, generalmente per un lungo periodo, e non vengono rilasciati durante l'evento meteorico nel ricettore in quanto le acque accumulate vengono smaltite mediante infiltrazione, evaporazione o riuso. In questo caso quindi il volume invasato è trattenuto a lungo o permanentemente nell'invaso e l'eventuale scarico si sviluppa dopo l'evento meteorico, senza contribuire alla formazione della piena a valle. Possono venire progettati per mantenere all'interno un certo volume di acque (bacini umidi, wetland) con una vasca permanente che consente lunghi tempi di residenza idraulica, permettendo così di raggiungere elevati rendimenti di rimozione degli inquinanti, oppure possono essere disegnati in maniera da svuotarsi completamente (bacini asciutti).

Invasi di transito (in linea): tutti i deflussi derivanti dall'area scolante entrano direttamente nell'invaso e contemporaneamente escono dallo stesso passando attraverso una o più bocche di scarico limitanti la portata consegnata a valle.

Invasi di cattura (fuori linea): l'invaso è posto in derivazione rispetto al condotto o canale convogliante i deflussi derivanti dall'area scolante e viene interessato solo per portate in arrivo maggiori di un valore di soglia prefissato.

Sotterraneo: serbatoi chiusi costruiti in situ o prefabbricati, al di sotto del piano campagna e non visibili dall'esterno. La funzione da essi assolta è quella di laminazione (detenzione o ritenzione), a volte può essere previsto il trattamento delle acque.

Superficiale: aree aperte già esistenti o adattate o appositamente sbancate per la laminazione, visibili dall'esterno e almeno in parte destinabili ad altre finalità (agricoltura, fruizione pubblica, paesaggio, ecc.) nei periodi di asciutta. Possono essere aree naturali o artificiali o miste e possono anche integrare la funzione idraulica con la depurazione delle acque invase mediante sistemi vegetati (wetlands, cunette vegetate, filter strips). Scarico anche per infiltrazione.

Strutture superficiali di laminazione

Questo tipo di strutture può essere costituito da aree depresse naturali o appositamente costruite, di estensione e forma tale da garantire un volume di ritenzione pari a quello di progetto. Esse possono essere dotate di scarico di fondo, di scarico di emergenza di superficie, di fondo impermeabile (per particolari condizioni di vulnerabilità dell'acquifero sotterraneo o per altre particolari esigenze o rischio di inquinamento delle acque di drenaggio) o di fondo drenante.

Figura 18 - Schemi di aree di ritenzione/laminazione proposte nei sistemi LID ecc.

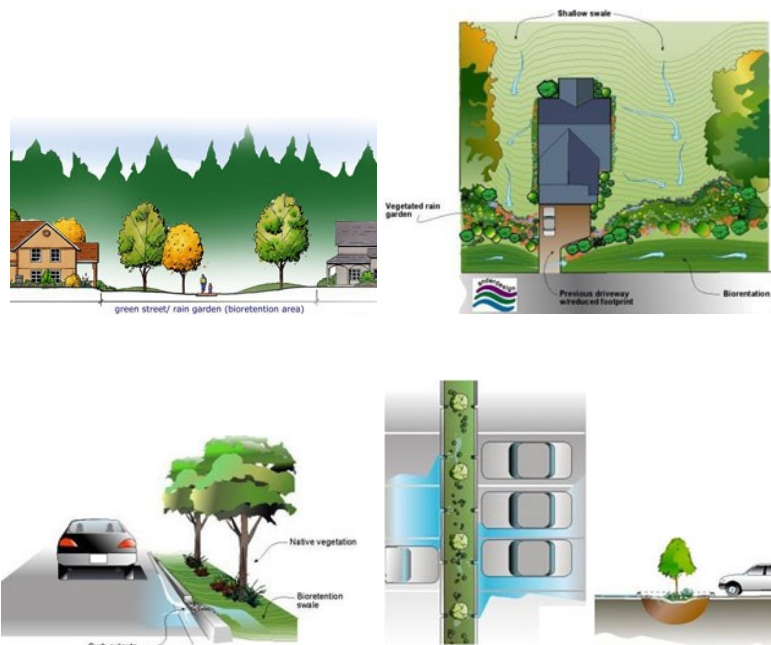
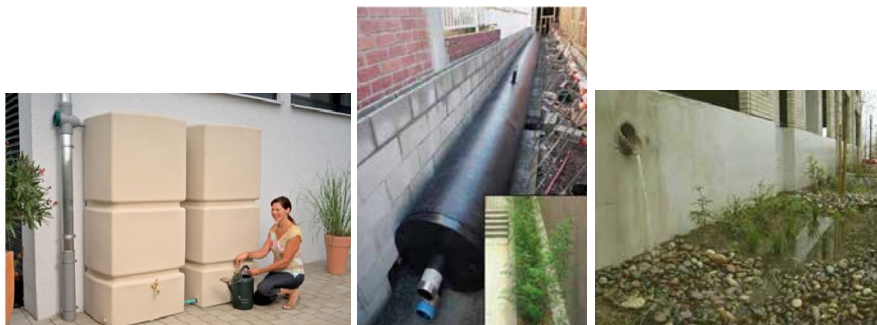


Figura 19 – Esempi di strutture superficiali di laminazione costituite da vasche e canali a cielo aperto





Figura 20 – Esempi di strutture di laminazione fuori terra delle acque dei tetti, strutturabili sia per la sola laminazione sia per il riuso



Strutture sotterranee di laminazione

Questo tipo di strutture può essere costituito da serbatoi o vasche in c.a. o altro materiale, prefabbricate o realizzate in opera, di dimensioni e forme differenti in funzione del volume, del materiale utilizzato, dell’allocazione, del riutilizzo o meno delle acque.

Nel presente capitolo vengono riportati alcuni schemi applicativi e alcuni esempi relativi a strutture sia “compatte”, sia “distribuite” in senso longitudinale. Si configura in questo secondo sistema anche il sovradimensionamento del sistema fognario necessario per il drenaggio di una determinata area, purché fornito da opportuni sistemi per limitare, a valle, la portata scaricata entro i valori massimi imposti.

I componenti di base di una struttura interrata di laminazione sono: una copertura sicura (dimensionata in funzione dei carichi attesi), un sistema di accesso per manutenzione e/o pulizia, un sistema di schermatura per le zanzare e altri animali, un sistema di filtrazione per evitare l’immissione di materiale grossolano (es. foglie o rifiuti), un tubo di troppo pieno (o, comunque, un’uscita controllata), un sistema di gestione delle

emergenze (es. alloggiamento pompe). Le caratteristiche supplementari possono includere un indicatore di livello dell'acqua, una trappola di sedimenti, o la possibilità di estendere modularmente il volume di accumulo.

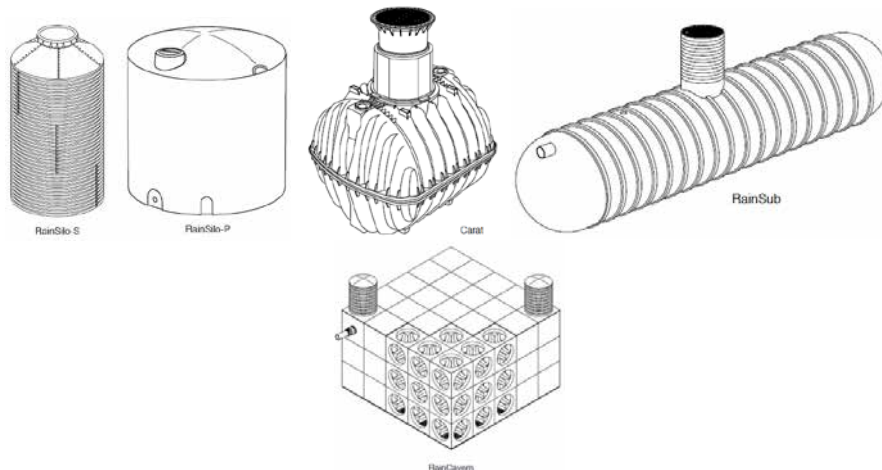
Figura 21 – Esempio di vasca di laminazione sotterranea in c.a.



Figura 22 – Esempi di applicazione di vasche di laminazione sotterranee per piccole e medie estensioni, strutturabili sia per la sola laminazione con scarico in sistema di infiltrazione, sia per il riuso (tratte dal sito <http://www.3ptechnik.it/it/home.html>)



Figura 23 – Schemi di serbatoi interrati per piccole, medie e grandi installazioni (dal sito <http://www.conservationtechnology.com>)



Una possibile installazione di strutture sotterranee di infiltrazione/ detenzione prevede l'utilizzo di tubazioni di grande diametro in c.a. o di serbatoi prefabbricati in polietilene. In questo caso la pavimentazione è di tipo tradizionale (impermeabile) e l'alimentazione avviene attraverso caditoie frequentemente corredate da filtri più o meno complessi. Le strutture serbatoio possono essere filtranti ovvero impermeabili garantendo unicamente la detenzione temporanea dei deflussi.

Figura 24 – Esempio di strutture di laminazione costituite da tubazioni sotterranee e sovradimensionamento del sistema di drenaggio delle superfici impermeabili



Gestione e manutenzione delle opere di laminazione

In generale, è fondamentale per il corretto funzionamento degli invasi e per il mantenimento delle caratteristiche iniziali la corretta manutenzione e gestione delle opere strutturali previste. Esse dipenderanno (in termini di cosa fare e quando farlo) dalle caratteristiche proprie delle opere (interrate, superficiali, con infiltrazione, con pompaggio, ecc.).

Per quanto riguarda, in particolare, i sedimenti, occorrerà prevedere adeguati interventi di rimozione dei materiali dal bacino stesso, con modalità differenti in funzione del rischio di inquinamento degli stessi e delle loro caratteristiche.

In generale gli invasi richiedono almeno un'ispezione annuale che ne valuti le condizioni: solitamente un bacino dovrebbe essere ripulito se la profondità dei depositi è maggiore o uguale a un terzo dell'altezza dal fondo del più basso fra le aperture di afflusso e/o afflusso e i condotti presenti. La pulizia può essere effettuata sia manualmente che per mezzo di apparecchiature apposite.

Nel caso di vasche chiuse in calcestruzzo, diversi studi hanno dimostrato che i sistemi più efficaci e meno costosi per la rimozione dei rifiuti sono quelli che sfruttano il flusso dell'acqua ad alta velocità: esistono, a riguardo, differenti tecnologie basate tutte sulla creazione di un'onda di lavaggio che dilava i sedimenti dal fondo della vasca al termine di ogni episodio di riempimento-svuotamento della vasca, la principale differenza è nella modalità con cui l'acqua necessaria per il lavaggio viene accumulata e poi scaricata bruscamente all'interno della vasca stessa (Figura 21).

3. OPERE DI INFILTRAZIONE

Generalità

Le opere strutturali più diffuse che incentivano lo smaltimento per infiltrazione nel terreno di una parte dei deflussi meteorici sono le seguenti:

- trincee di infiltrazione,
- pozzi drenanti,
- bacini di infiltrazione,
- pavimentazioni permeabili,
- caditoie filtranti

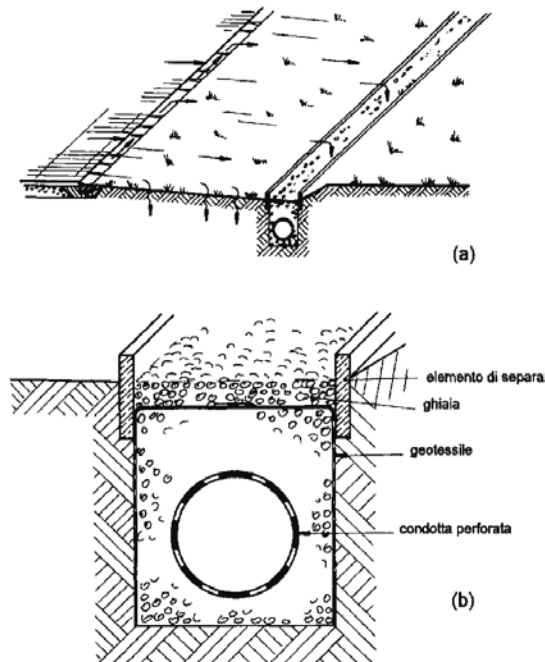
Trincee d'infiltrazione

La trincea d'infiltrazione (Figura 25) può descriversi, schematicamente, come uno scavo lungo e profondo (generalmente la profondità è compresa tra 1 e 3 metri) riempito con materiale ad alta conduttività idraulica, ad esempio ghiaia o ghiaietto. La trincea viene generalmente costruita in corrispondenza di una cunetta ribassata rispetto al terreno da drenare, così che il deflusso superficiale si possa accumulare temporaneamente all'interno della trincea e gradualmente infiltrarsi nel terreno circostante attraverso le superfici laterali e il fondo.

Ogni trincea viene generalmente dotata di una condotta forata centrale, del diametro minimo DN200 mm, che ha la funzione di distribuire omogeneamente le acque lungo tutta la trincea e, ove previsto, di condurre le acque non infiltrate alla rete di scarico. Attraverso tale condotta è pure possibile operare interventi di pulizia o manutenzione straordinaria della trincea stessa.

Per mantenere più a lungo possibile le caratteristiche idrauliche della trincea, è sempre opportuno installare a monte delle trincee dei pre-trattamenti per la rimozione del particolato sottile al fine di evitare problemi di ostruzione della struttura.

Figura 25 – Trincea drenante



Le trincee possono essere allocate in superficie o nel sottosuolo: quelle in superficie ricevono il deflusso superficiale direttamente dalle aree adiacenti mentre quelle nel sottosuolo possono ricevere il deflusso da altre reti drenanti, ma richiedono l'uso di ulteriori pre-trattamenti per impedire che particolato grossolano, terreno e foglie occludano la struttura.

In Figura 26 è possibile osservare una tipica trincea d'infiltrazione. Essa è costituita da uno scavo nel quale sono posti tre strati di terreno:

1. il primo, partendo dall'alto, è uno strato che ha buone qualità relativamente alla crescita della vegetazione. Si evidenzia, a proposito, un aspetto molto importante: la vegetazione, nelle trincee e, generalmente, nelle aree di infiltrazione, è fondamentale non solo per garantire l'aspetto estetico, ma anche per la rimozione dei nutrienti e la fitodepurazione delle acque e, non ultimo, perché migliora la permeabilità del suolo;
2. il secondo (opzionale), sabbioso, ha buone caratteristiche filtranti;
3. il terzo è costituito da ghiaia o materiale naturale di elevata permeabilità per l'accumulo temporaneo d'acqua piovana.

I tre strati prima detti sono caratterizzati inoltre dall'aver conduttività idraulica crescente dall'alto verso il basso. Al contorno dello strato di detenzione è, generalmente, collocato un tessuto permeabile (geotessuto) che ostacola l'ingresso delle particelle fini all'interno del sistema.

In superficie si installa uno scarico di troppo pieno munito di pozzo d'osservazione, utile ad allontanare l'acqua in eccesso che provocherebbe inondazione in superficie.

Infine, nella trincea si colloca una condotta verticale forata, avente un diametro di circa 100÷200mm e munita di coperchio in superficie, allo scopo di osservare in ogni momento il livello idrico nello strato di base.

Per quel che riguarda il materiale di riempimento dello strato di base della struttura, può essere convenzionale (es. granito frantumato) ovvero non convenzionale (es. gabbie modulari in materiale plastico).

che a parità di volume di scavo garantiscono un maggiore volume dei vuoti). Nel primo caso il diametro massimo degli aggregati non deve eccedere i 40÷80 mm, il volume dei vuoti del riempimento deve aggirarsi intorno il 30-40% e l'intero strato di riempimento è circondato da un tessuto filtrante.

La pendenza in superficie della trincea d'infiltrazione deve essere inferiore al 5%, mentre è consigliabile che quella del fondo sia prossima a zero per evitare che il liquido trovi delle traiettorie preferenziali d'infiltrazione.

Tra i vantaggi delle trincee vi sono la possibilità di essere posizionate al di sotto della superficie del terreno (installazione sotto le zone di parcheggio) e la richiesta di spazi ridotti, fatto che le rende idonee alle zone urbane. Tra gli svantaggi vi sono gli elevati costi di costruzione e manutenzione e la possibilità di intasamento.

Figura 26 - Trincea d'infiltrazione (Technical Guidelines for Western Sydney 2004)

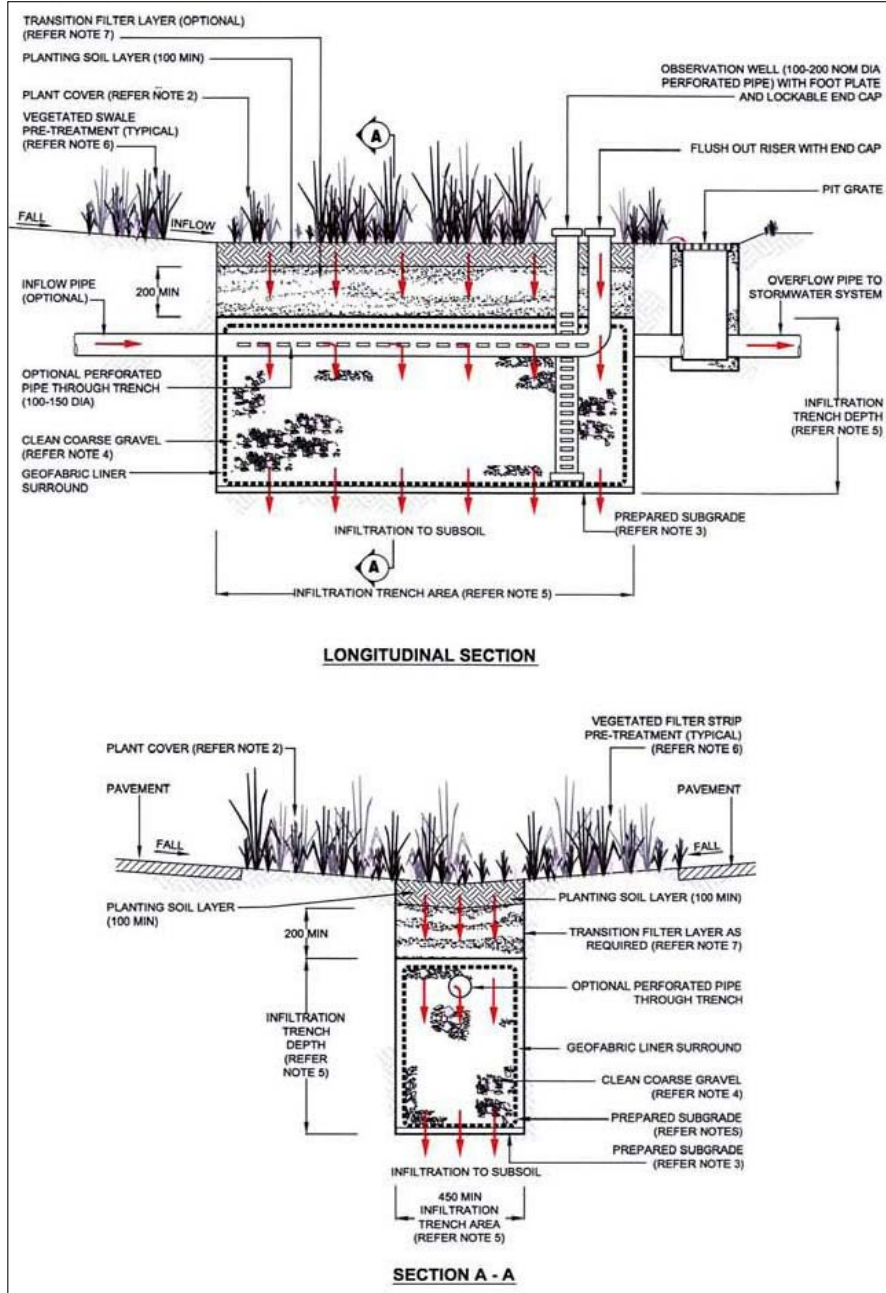


Figura 27 - Opere di infiltrazione [da: Urbonas e Stahre, 1993]

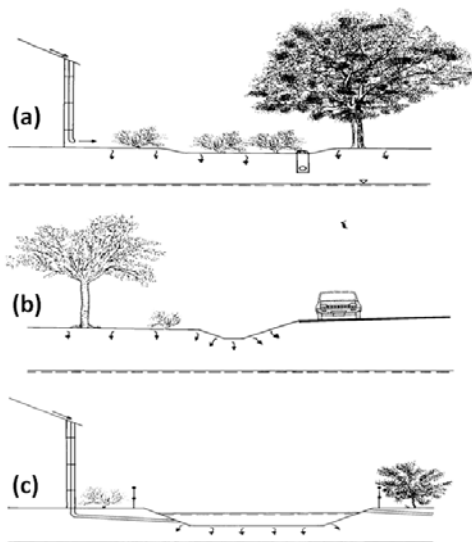


Figura 28 – Esempi di trincee d’infiltrazione



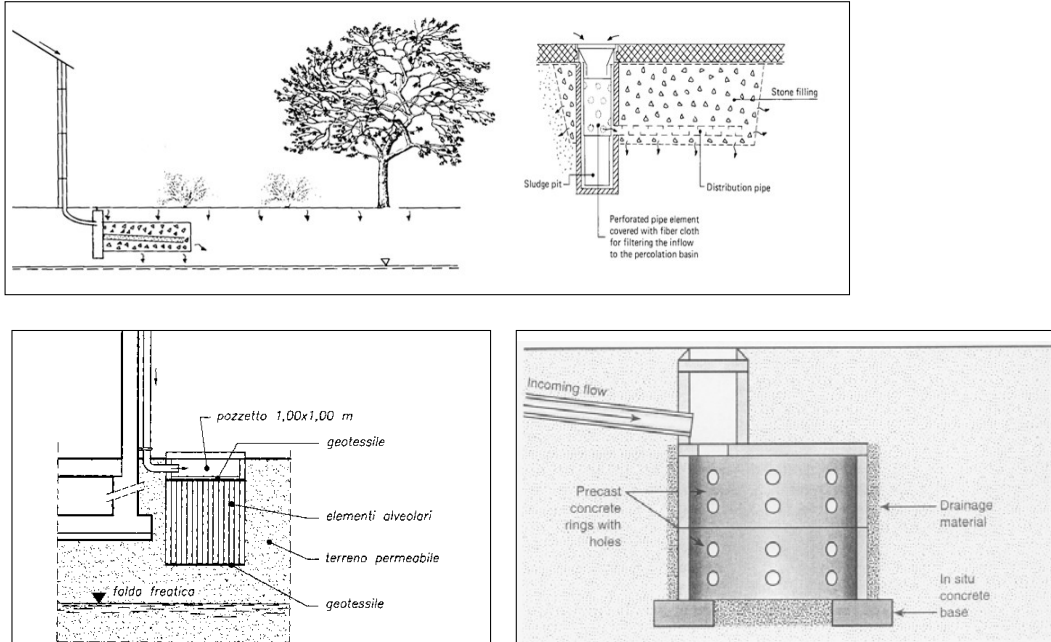
Pozzi d’infiltrazione

I pozzi d’infiltrazione sono strutture sotterranee localizzate, utilizzate principalmente per raccogliere ed infiltrare le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali e commerciali e/o dai piazzali (mentre, come visto, le trincee di infiltrazione sono preferibilmente utilizzate nelle strutture lineari).

I pluviali, per esempio, possono essere estesi fino al pozzo (Figura 29), che deve essere posizionato a distanza adeguata (almeno 3 metri) dalle fondamenta degli edifici.

La struttura esterna è generalmente prevista in materiale rigido (per esempio in cemento), mentre l’interno viene riempito con materiale inerte (ghiaia) con una porosità di almeno il 30%. I pozzi perdenti sono preferibilmente dotati di accesso ispezionabile al fine di garantirne la manutenzione e le prestazioni nel tempo.

Figura 29 – Esempi di pozzi d’infiltrazione



Anche per i pozzi d’infiltrazione può essere necessario prevedere l’inserimento di pre-trattamenti per l’intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura. È opportuno inserire nelle grondaie dei filtri al fine di intrappolare particelle, foglie ed altri detriti.

Esistono anche in commercio dei piccoli manufatti che si inseriscono nelle grondaie e consentono il transito dell’acqua e l’espulsione delle foglie (Figura 30).

Figura 30 – Esempi di applicazioni per limitare il rischio di intasamento delle strutture di infiltrazione: filtro autopulente, filtro deviatore in linea, griglia per fogliame. (Questi esempi sono tratti, in particolare, dal sito www.3PTechnik.it)



Bacini e vasche d’infiltrazione

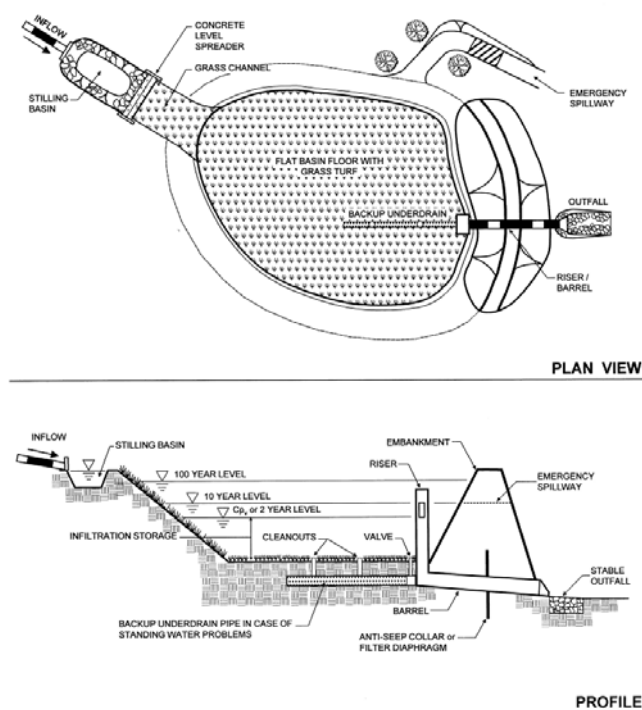
Le vasche e i bacini d’infiltrazione sono invasi a fondo permeabile.

I primi hanno generalmente i muri di contenimento in calcestruzzo e possono essere strutture anche sotterranee, mentre i secondi sono ricavati da depressioni naturali o artificiali nel terreno, quindi sempre a cielo aperto.

In entrambi i casi è indispensabile la formazione di una capacità di accumulo, come volano tra l'idrogramma di piena in arrivo e il regime delle portate infiltrate.

Nei bacini d'infiltrazione, in genere le pareti e il fondo del bacino sono ricoperte da un tappeto erboso, al fine sia di stabilizzare queste aree sia di esercitare un'azione filtrante per rimuovere le sostanze inquinanti presenti nelle acque di pioggia, come nutrienti e metalli disciolti. Inoltre, le radici vegetali possono aumentare la capacità di infiltrazione di un terreno poiché creano nello stesso dei condotti preferenziali in cui l'acqua si infiltra. Un esempio schematico di un bacino d'infiltrazione è riportato in Figura 31, mentre nella precedente Figura 19 sono riportate alcune immagini di bacini con funzione di laminazione e infiltrazione.

Figura 31 - Schema di un bacino di infiltrazione (Scheuler, 1992)



La profondità del bacino viene calcolata tenendo conto di un tempo massimo di ritenzione dell'acqua nel bacino stesso, usualmente posto inferiore alle 48 ore.

Uno dei problemi principali e delle critiche mosse a queste strutture è il rischio di inquinamento della falda. Se le acque di pioggia contengono elevate quantità di inquinanti, per esempio acque provenienti da siti industriali o da altre superfici suscettibili di inquinamento, i bacini d'infiltrazione non dovrebbero essere utilizzati, oppure dovrebbero essere preceduti da opportuni pre-trattamenti (come filtri o disoleatori). In ogni caso, è opportuno collocare il fondo del bacino a distanza di sicurezza dal livello massimo della falda. Devono, inoltre, essere rispettati i vincoli di rispetto delle aree di salvaguardia (pozzi, aree di ricarica della falda, ecc.) indicati nella normativa.

Anche con riferimento alle strutture (edifici) esistenti o in progetto, è bene collocare il bacino a distanza di sicurezza (indicativamente almeno pari ad un rapporto pari 1:1 tra la distanza dal piano seminterrato o interrato dell'edificio più vicino e il dislivello tra fondo vasca e quota dello stesso piano), per evitare problemi di infiltrazioni e conseguenti danni ai materiali.

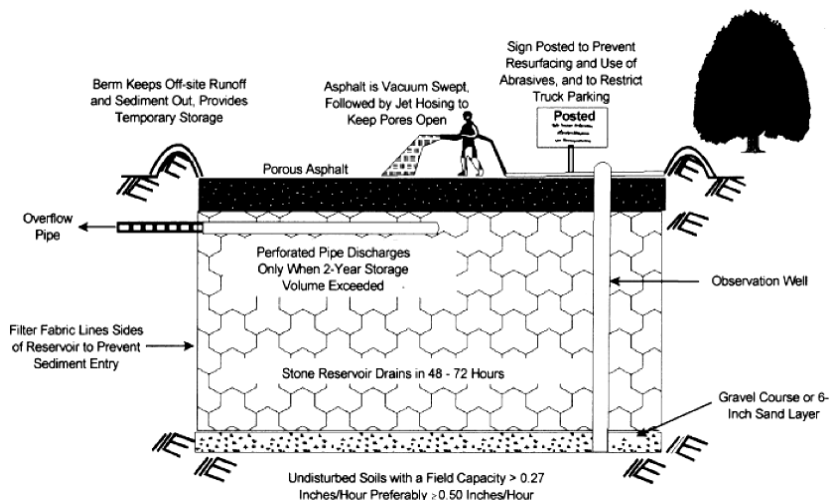
Tra i rischi di errato dimensionamento o mancanza di manutenzione di queste strutture, vi è la possibilità di mal funzionamento dovuto a terreno inadatto o ad intasamento, che possono portare a produzione di cattivi odori e al proliferare di insetti (zanzare, moscerini).

Per quanto riguarda la manutenzione, occorre provvedere alla rimozione regolare di foglie e detriti e nel prevedere una frequente potatura delle piante, degli arbusti e della vegetazione in genere. Occorre inoltre prevedere ogni 5÷10 anni di dissodare il terreno, in modo da rinnovarne lo strato superficiale.

Pavimentazioni permeabili

Le pavimentazioni permeabili sono una valida alternativa ai convenzionali lastricati di marciapiedi o zone pedonali che si propone di aumentare la permeabilità delle superfici e, conseguentemente, di minimizzare il deflusso superficiale (Figura 32).

Figura 32 - Schema di una pavimentazione permeabile (US EPA, 1998)



Esistono due tipi di pavimentazioni permeabili: continue e discontinue.

Le pavimentazioni permeabili continue sono realizzate in modo apparentemente simile alle pavimentazioni stradali normali, ma con conglomerati bituminosi o calcestruzzi permeabili, ottenuti eliminando dalla miscela la sabbia e gli altri inerti di granulometria fine. Le pavimentazioni permeabili discontinue sono invece ottenute accostando elementi prefabbricati in CLS, perforati e autobloccanti (Figura 33). In entrambi i casi al disotto della pavimentazione si realizza un sottofondo filtrante, composto da strati di granulometria crescente. Lo strato filtrante sottostante può anche essere isolato con una guaina impermeabile, trasformandosi in una specie di vasca di laminazione.

Le pavimentazioni permeabili discontinue permettono l'immediata infiltrazione di acqua di pioggia nella struttura sottostante la superficie. Un esempio sono i blocchi di calcestruzzo ed erba che formano una griglia di vuoti circondati da calcestruzzo compresso e offrono uno spazio di circa l'80% della superficie complessiva per far crescere l'erba e far infiltrare l'acqua.

Il vantaggio che le pavimentazioni permeabili discontinue presentano rispetto alle continue è in fase di ricostruzione per perdita di funzionalità. I mattoni o moduli permeabili sono rimossi, puliti e riutilizzati,

riducendo così i costi di ricostruzione, invece l'asfalto è rimosso e non più utilizzabile. Sempre in fase di rifacimento il letto di ghiaia e il tessuto filtrante sono sostituiti, mentre lo strato di base è ripristinato.

Le pavimentazioni permeabili discontinue sono collocate sopra una struttura riempita di ghiaia molto permeabile in modo che i vuoti fungano da bacino di accumulo del deflusso. Un filtro in tessuto è posto sotto il riempimento, in modo da evitare che le sottili particelle di terreno entrino nella struttura provocandone l'ostruzione.

In ogni caso le pavimentazioni permeabili continue e discontinue possono essere sagomate in modo da consentire la raccolta e laminazione anche parziale delle acque, prima dell'immissione nel sistema di drenaggio.

Figura 33 - Elementi modulari prefabbricati in calcestruzzo per pavimentazioni erbose (ASSOBETON, Associazione Nazionale Industrie Manifatti in Calcestruzzo Sezione Blocchi e Pavimenti)

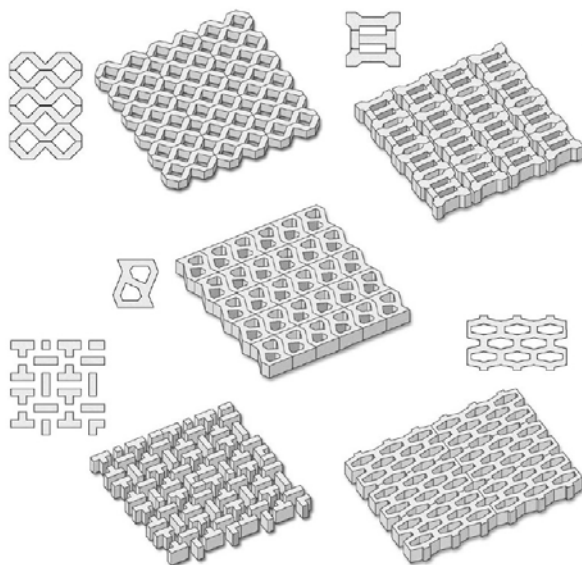


Figura 34 - Esempi di pavimentazioni permeabili



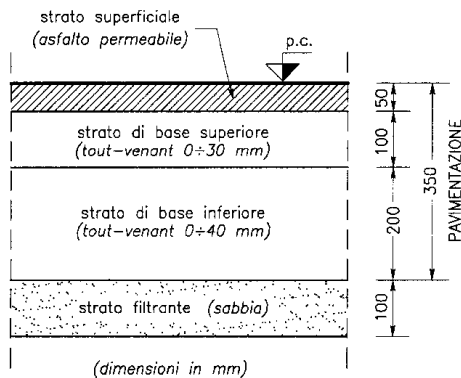
Nel progettare questo tipo di strutture è necessario considerare una serie di fattori come l'efficienza, l'impatto inquinante sul corpo ricettore e la localizzazione di siti adatti.

L'efficienza di una pavimentazione permeabile dipende, oltre che dalla corretta esecuzione e manutenzione dello strato più superficiale, dalla tipologia adottata per gli strati sottostanti, posti fra quello più superficiale

e il terreno di base. A sua volta, tale tipologia dipende dalla natura del sottosuolo: risulta infatti chiaro che, qualora questo possieda già buone caratteristiche drenanti, tali strati hanno solo la funzione di vettori delle portate infiltrate e di eventuale filtro nei confronti degli inquinanti da queste veicolate; invece, qualora non sussistano 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 di cui la pavimentazione deve essere dotata e che è direttamente collegato al ricettore.

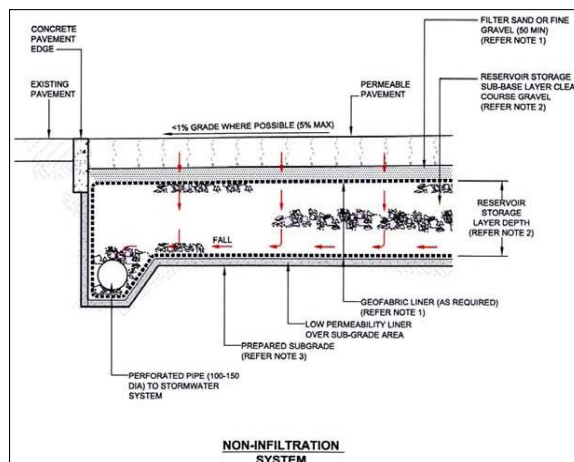
Nella seguente Figura 35, è riportato uno schema di pavimentazione permeabile continua: da essa si rileva chiaramente l'obiettivo di garantire una sufficiente permeabilità della pavimentazione stessa, grazie a due strati in ghiaia o pietrisco di pezzatura non superiore a 30÷40 mm, oltre che di proteggere il sottosuolo dalla filtrazione di inquinanti, mediante lo strato di sabbia (Watanabe, 1995).

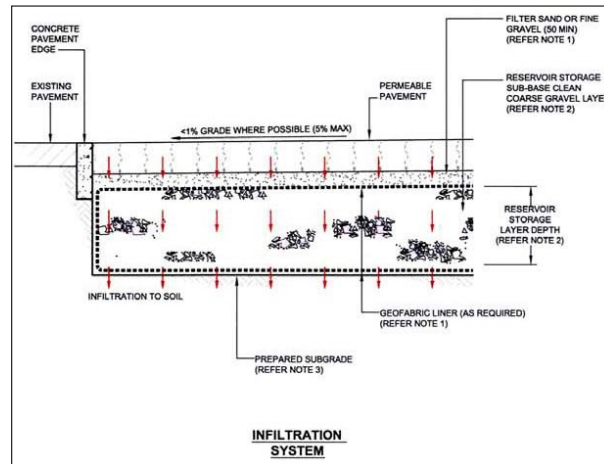
Figura 35 – Esempio di pavimentazione porosa



Invece nella seguente Figura 36 vengono riportati due schemi di pavimentazioni drenanti con due differenti “strutture a serbatoio”, dimensionate al fine di garantire una prefissata capacità di accumulo. la prima struttura prevede uno scarico solamente mediante la rete di drenaggio, la seconda prevede l’infiltrazione. Oltre ai materiali tradizionali (sabbia, ghiaia), possono essere utilizzati anche quelli sintetici, caratterizzati da una percentuale di vuoti superiore al 90%, grazie alla particolare forma a nido d'ape (Balades e altri, 1995).

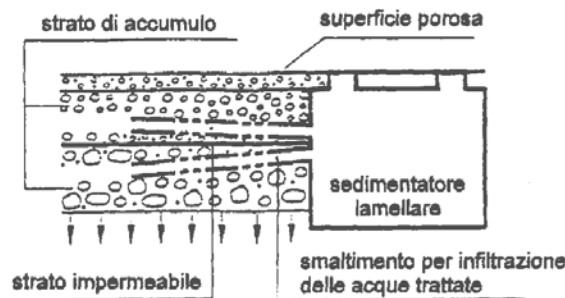
Figura 36 – Schema di pavimentazioni drenanti con due diversi tipi di drenaggio (Technical Guidelines for Western Sydney 2004)





Nel caso in cui si voglia proteggere il sottosuolo dalla propagazione di inquinanti, e in particolar modo dai pericoli di occlusione prodotta dalla presenza di eccessive concentrazioni di solidi sospesi nelle acque infiltrate, si può ricorrere alla realizzazione di due strutture serbatoio sovrastanti, in comunicazione mediante due sistemi di dreni collegati da un bacino di sedimentazione, attraverso il quale le acque devono obbligatoriamente passare per raggiungere il serbatoio sottostante (Figura 37) (Balades e altri, 1991).

Figura 37 - Esempio di strutture serbatoio con pretrattamento delle acque a monte dell'infiltrazione nel suolo (Balades e altri, 1991)



Indagini su campo eseguite in Florida hanno evidenziato che le pavimentazioni filtranti utilizzate nelle aree di parcheggio, se correttamente installate e controllate, continuano ad infiltrare le acque piovane anche dopo 15 anni.

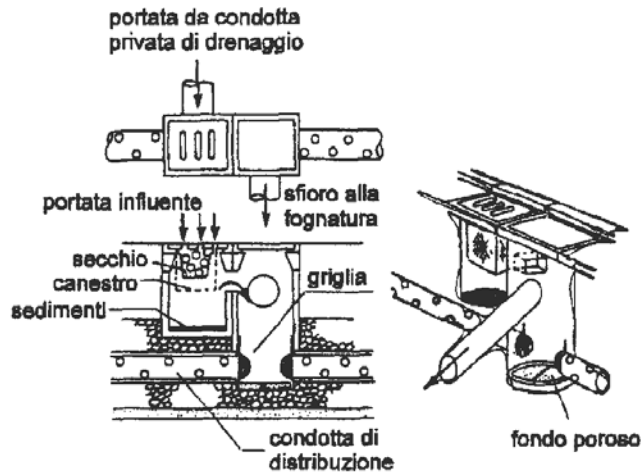
Caditoie filtranti

Attraverso l'utilizzo delle caditoie filtranti si cerca di facilitare l'infiltrazione nel suolo delle acque di origine meteorica che si raccolgono sui tetti o sulle superfici stradali (Figura 38).

Le acque accumulate lungo le cunette stradali sono scaricate in caditoie munite di una prima camera finalizzata alla separazione dei solidi grossolani (foglie e inerti); successivamente, le acque passano in una seconda camera, munita di fondo drenante, da cui si diparte la trincea drenante.

L'ingresso in questa è protetto da una griglia, al fine di evitare pericoli di occlusione; anche in questo caso, un tubo centrale consente l'avvio delle acque in fognatura, qualora venga superata la capacità d'infiltrazione del sistema, evitando così il pericolo di allagamenti superficiali. La manutenzione di tali strutture consiste nella rimozione dei materiali grigliati o sedimentati alcune volte l'anno.

Figura 38 - Esempio di caditoia utilizzata per lo smaltimento delle acque provenienti da superfici stradali (Fujita, 1994)



In relazione al dimensionamento delle caditoie si può fare riferimento agli stessi metodi validi per le trincee drenanti.

4. ALTRE OPERE DI INVARIANZA IDROLOGICA: TETTI E PARETI VERDI

Il verde pensile e le pareti verdi si inseriscono a pieno titolo tra gli strumenti di mitigazione e compensazione ambientale, presentando le seguenti utilità:

- riducono gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche;
- permettono di contenere l'aumento delle temperature, attraverso l'evapotraspirazione e l'assorbimento della radiazione solare incidente
- abbattano considerevolmente il ricircolo delle polveri inquinanti, mediante la capacità di assorbimento e trattenuta delle stesse
- preservano la biodiversità grazie alla creazione di nuovi ambienti di vita per animali e piante;
- mitigano l'inquinamento acustico con la riduzione della riflessione del suono all'esterno e della diffusione all'interno;
- attuano i processi del ciclo dell'acqua, tramite la ritenzione (immagazzinamento e dispersione) del volume di pioggia.

Le diverse tecnologie attualmente impiegate per la realizzazione dei tetti verdi e, in generale, del verde pensile, devono riprodurre, in linea di principio, una stratificazione composta da diversi elementi, oltre all'elemento di supporto strutturale (soletta, copertura) e all'elemento di tenuta (impermeabilizzazione) che rappresentano la superficie di posa per il verde pensile. Vengono, infatti, generalmente impiegati i seguenti elementi:

1. strato antiradice (integrato o meno) e strato d'accumulo e protezione meccanica;
2. strato drenante;
3. strato filtrante;
4. substrato di vegetazione;
5. accessori (per il drenaggio e l'irrigazione);
6. vegetazione.

Figura 39 - Tecniche costruttive convenzionali di tetto verde estensivo (tratti dall'articolo Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services, pubblicato sul sito <http://www.bioone.org> dell'American Institute of Biological Sciences). (a) Impianti completi: ogni componente, compresa la membrana del tetto, viene installato come parte integrante del tetto. (b) Impianti modulari: vassoi di vegetazione coltivata ex situ vengono installati al di sopra del sistema di copertura esistente. (c) strati di vegetazione precoltivata: il terreno di coltura, le piante, stuoie di drenaggio, e le barriere vengono srotolate sulla copertura esistente. Grafica: Jeremy Lundholm

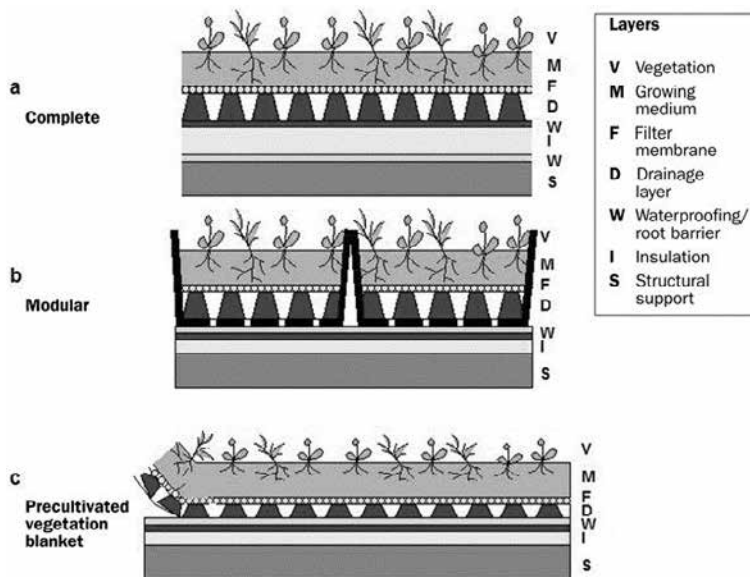


Figura 40 – Schema della composizione di un tetto verde (da Palla et al, Università di Genova, in atti del corso di aggiornamento Stadium tenuto dal Politecnico di Milano – Marzo 2012)

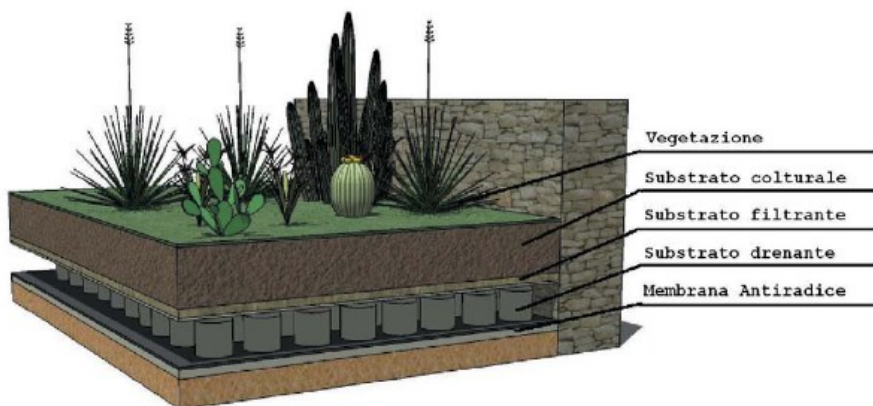


Figura 41 - Esempio pratico di tecnica costruttiva di tetto verde/ verde pensile



Le esperienze effettuate su molteplici siti pilota, ad esempio quelle effettuate presso l'Università di Genova, indicano che le prestazioni idrauliche di una copertura verde sono molto influenzate dalle condizioni meteo climatiche in cui avviene la precipitazione, comportando comunque riduzioni significative sia dei volumi idrici scaricati sia delle portate di picco degli idrogrammi per effetto della volatizzazione esercitata dal volume idrico contenuto nel substrato dell'apparato sia del consumo per evapotraspirazione dell'acqua di imbibizione del medesimo.

Alcune indicazioni tecniche possono essere ricavate dal sito dell'EPA (United States Environmental Protection Agency), agenzia governativa statunitense per la protezione dell'ambiente, il cui sito internet risulta molto esaustivo e utile (www.epa.gov), anche in base alla lunga esperienza in termini di utilizzo di sistemi LID.

Nel sito sono presenti anche utili riferimenti a studi condotti in merito all'efficienza dei tetti. Si riportano qui, in particolare, le conclusioni del seguente studio pubblicato dall'EPA: EPA/600/R-09/026 February, 2009 (Il lavoro è stato svolto dal Penn State Green Roof Center of The Pennsylvania State University at University Park, PA)

Questo progetto ha valutato i tetti verdi come strumento di gestione delle acque piovane, in termini di riduzione del volume scaricato e del controllo degli inquinanti. In particolare, sono stati confrontati: la quantità e la qualità del deflusso dai tetti verdi e asfaltati pianeggianti; l'evapotraspirazione da tetti verdi piantumati e l'evaporazione da tetti spogli. Sono stati studiati l'influenza del tipo e dello spessore del supporto e l'effetto dei periodi asciutti (e secchi) durante l'impianto del sistema verde, sullo sviluppo delle piante e sulla gestione a lungo termine del pH dei supporti. L'obiettivo del progetto era quello di fornire dati di alta qualità che possano essere utilizzati per fornire indicazioni attendibili di volumi di deflusso e di carichi prevedibili dai tetti verdi, oltre a valutare i fattori di impatto sulla crescita e lo sviluppo delle piante. I risultati indicano che i tetti verdi sono in grado di rimuovere il 50% del volume annuale delle precipitazioni da un tetto attraverso la conservazione e l'evapotraspirazione. La rimanente parte di precipitazione deve essere trattenuta mediante una laminazione. Naturalmente ogni precipitazione reale può generare effetti molto variabili in funzione delle sue caratteristiche in termini di durata, intensità, nonché in funzione dello stato del supporto all'inizio del fenomeno. Si sottolinea anche il fatto che il deflusso dal tetto verde contiene concentrazioni non trascurabili di alcune sostanze nutritive e di altri parametri, ma i valori riscontrati sono in linea con altri sistemi piantumati.

Un'altra fonte (Figura 42) mostra di fatto lo stesso ordine di grandezza di efficacia del verde pensile in termini di laminazione delle acque meteoriche.

Figura 42 - Confronto tra la capacità di regimazione idrica di una copertura con zavoratura in ghiaia e una copertura a verde pensile estensivo con spessore del substrato di 10 cm (Germania)

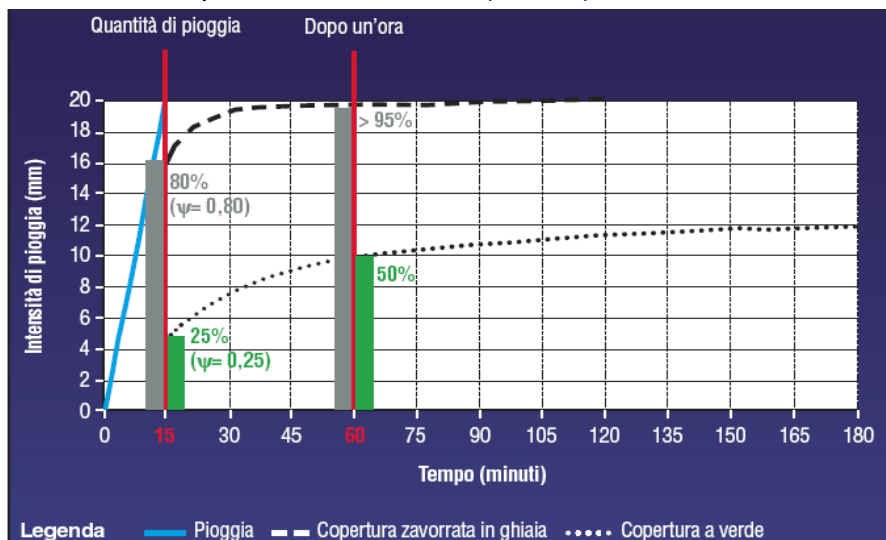


Figura 43 - Esempi di applicazione di verde pensile orizzontale e inclinato



I tetti e le pareti verdi, oltre ai suddetti indubbi vantaggi di tipo idrologico e ambientale, anche per le ottime ricadute in termini di minore esigenza energetica di condizionamento degli ambienti interni, presentano per contro oneri manutentivi (soprattutto le pareti verdi) non indifferenti che devono essere opportunamente considerati in un bilancio costi-benefici complessivo.

5. OPERE DI SCARICO E MANUFATTI DI CONTROLLO

Il manufatto idraulico per la regolazione e restituzione alla fognatura o al corpo idrico ricevente della portata di acque meteoriche ammessa al recapito dovrà essere costituito da pozzetto a doppia camera, tale da consentire l'ispezionabilità dello scarico e la misura delle portate scaricate e delle tubazioni di collegamento con il ricettore. Gli schemi riportati in Allegato I possono essere un utile riferimento tecnico.

Sarà opportuno, per le installazioni relative a piccole estensioni e per le quali, quindi, risulta più problematico garantire contemporaneamente una ridotta portata di deflusso e la garanzia di non ostruzione della tubazione di scarico, installare, in corrispondenza dello scarico, opportuni sistemi di regolazione di portata a luce variabile (Figura 44) o i regolatori di portata a vortice (Figura 45).

Il loro scopo è quello di mantenere la portata in uscita il più possibile costante al variare del carico idraulico. Generalmente sono bocche a battente con paratoie regolabili, con imbocco mobile o deformabile.

Figura 44 - Sistemi di regolazione di portata a luce variabile per la gestione delle portate scaricate dalle opere di laminazione

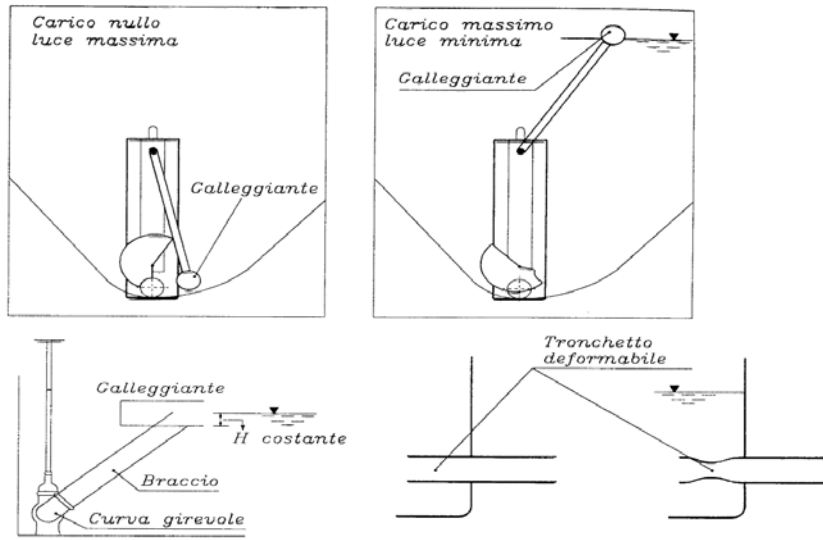
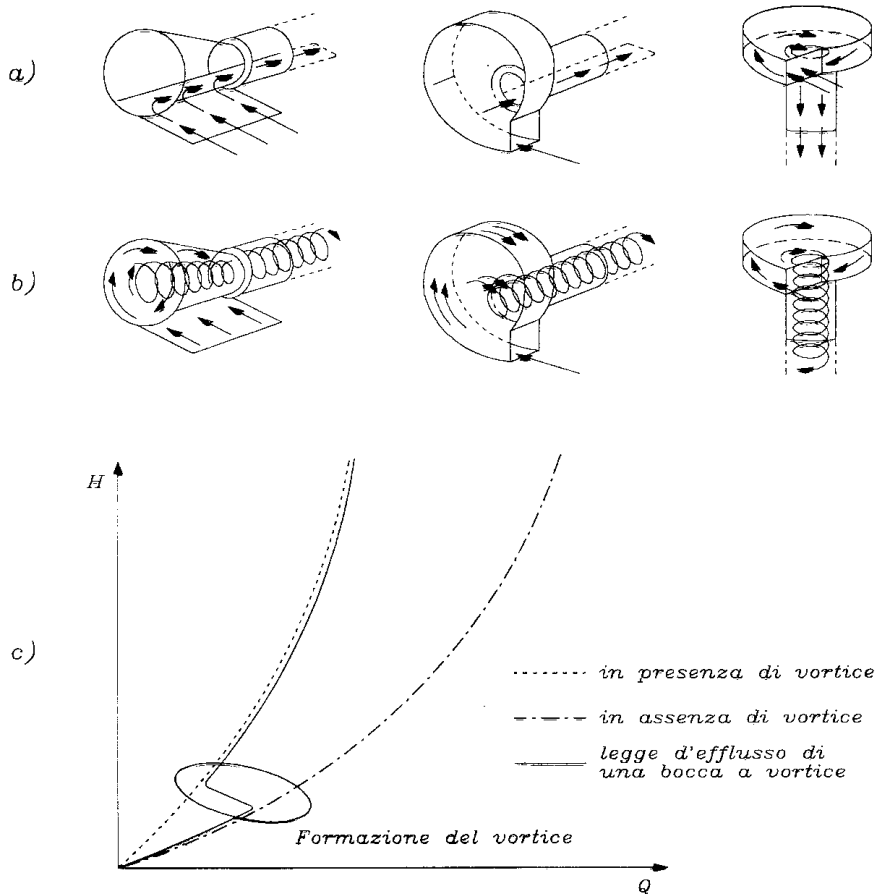


Figura 45 - Regolatori di portata a vortice



Essi vengono chiamati anche hydrobrake o vortex amplifier nella terminologia anglosassone. Possono essere a due o a tre vie. Il moto vorticoso riduce sensibilmente il coefficiente d'efflusso a valori prossimi a $(0.2 \div 0.3)$. La loro installazione consente di mantenere le luci di efflusso più ampie, quindi meno intasabili, e di garantire l'autopulizia dello scarico per effetto del vortice.

Infine, qualora fosse temibile il rigurgito dal ricettore, risulta opportuno installare sull'uscita una valvola di non ritorno o ventilabro, a protezione degli invasi propri, a salvaguardia dalla intromissione di acque parassite per il sistema acque meteoriche.

CALCOLO DEL COSTO UNITARIO PARAMETRICO PER LA MONETIZZAZIONE

Ai fini dell'applicazione del comma 5, lettera g) dell'articolo 58bis della legge regionale 12/2005, è opportuno premettere che ogni deroga alla realizzazione diretta dell'invarianza idraulica e idrologica all'interno di un intervento soggetto al presente regolamento comporta che il corrispondente deflusso sia immesso tal quale nel ricettore, con ciò penalizzando il principio della riduzione dei deflussi meteorici *a monte* del ricettore stesso. Infatti, il successivo intervento del comune, a compenso del principio di invarianza idraulica, avviene inevitabilmente *a valle* dell'intervento, e precisamente laddove lungo il reticolo del ricettore, anche molto a valle dell'intervento, sia stata prevista la realizzazione della struttura centralizzata di controllo dei deflussi nello Studio comunale di gestione del rischio idraulico o nel Documento semplificato del rischio idraulico comunale di cui all'articolo 14 del regolamento. Ne consegue la necessità di delimitare rigorosamente i casi in cui sia ammissibile l'impossibilità a ottemperare direttamente ai principi di invarianza idraulica e idrologica, delimitazione contenuta nell'art 16, commi 1 e 2 del regolamento.

La suddetta delimitazione dei casi ammissibili è anche necessaria per consentire ai comuni di tenerne conto ai fini di una corretta predisposizione del suddetto Studio comunale di gestione del rischio idraulico o del Documento semplificato del rischio idraulico comunale nel quale sono previsti gli interventi pubblici necessari per soddisfare i principi di invarianza idraulica e idrologica.

Le superfici necessarie per la realizzazione dei volumi di laminazione per l'invarianza idraulica e idrologica risultano contenute in una frazione ridotta della superficie interessata dall'intervento anche nei casi in cui il volume di laminazione raggiunga i valori specifici massimi, ad esempio dell'ordine di 1.000 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, ovvero di 0,1 mc per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Gli invasi di laminazione hanno costo di costruzione molto variabile in funzione della loro tipologia e configurazione adottata dal progetto. In particolare le "infrastrutture verdi", oltre a soddisfare il generale interesse ambientale, urbanistico e paesistico di riqualificazione dei territori urbani, presentano un costo di costruzione e manutenzione molto contenuto rispetto agli invasi realizzati in strutture murarie o in calcestruzzo aperte o chiuse.

Infatti, un invaso realizzato modellando opportunamente un'area verde (Figura 46 a) presenta un costo di costruzione dell'ordine massimo di 50 – 100 euro/mc, ma in molti casi anche sensibilmente inferiore e al limite nullo, qualora esso sia attentamente considerato nell'insieme della progettazione multidisciplinare dell'intervento. Per contro un invaso realizzato con una vasca chiusa in calcestruzzo (Figura 46 b) presenta un costo medio di costruzione dell'ordine di 500 – 800 euro/mc in funzione anche della complessità del suo equipaggiamento elettromeccanico e di controllo.

Figura 46. Invasi di laminazione realizzati con interventi "verdi" (a) o con vasche chiuse in calcestruzzo (b).



a)



b)

In ogni caso il costo di costruzione dei volumi di laminazione è percentualmente modesto, anche nei casi di vasche chiuse, rispetto al costo globale di un intervento edilizio.

Infatti ricordando che i volumi di invaso derivanti dalle modalità di calcolo previste nel presente regolamento possono avere valori da 400 a circa 1.000 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, ovvero di $0,04 \div 0,1$ mc per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento, il loro costo di costruzione è pari a:

- costo vasca = $50 \div 800$ euro/mc x $0,04 \div 0,1$ mc/mq = $2 \div 80$ euro per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Per contro il costo medio unitario di costruzione di un intervento edilizio è maggiore del precedente di uno - due ordini di grandezza per edificazioni di un solo piano o di due -tre ordini di grandezza e anche più nel caso di edificazioni che prevedano più piani sovrapposti.

Essendo dunque molto ridotto il peso economico delle misure di invarianza idraulica poste a carico del soggetto attuatore dell'intervento ed essendo per contro usualmente rilevante il costo di costruzione delle infrastrutture pubbliche di laminazione poste a carico dei comuni o dei gestori d'ambito del servizio idrico integrato, è opportuno che la monetizzazione a favore dei comuni per i casi di impossibilità di cui all'articolo 16, comma 1 del regolamento sia commisurata al costo unitario di costruzione delle vasche strutturalmente e tecnologicamente costose.

Occorre inoltre tener conto della capitalizzazione dei costi di esercizio e manutenzione trasferiti al comune che nel lungo arco di vita dell'opera può commisurarsi almeno al 30% del costo di costruzione.

Il costo unitario di costruzione di una vasca di volanizzazione o laminazione o di trattenimento/disperdimento da assumere in caso di monetizzazione è definito a partire da un costo medio alto (570 €/mc, relativo a vasche tecnologicamente avanzate) aumentato del 30% (costi di esercizio e manutenzione), ottenendo un costo pari a 750 euro per mc di invaso.