



Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi

Edizione febbraio 2013



PRINCIPI	<p>L'infiltrazione delle acque di scarico non inquinate è di principio obbligatoria. → cap. 1.2</p> <p>La ritenzione permette di attenuare i picchi di portata negli impianti di infiltrazione, nelle reti di canalizzazioni e nei ricettori. → cap. 3</p>
DATI BASE (*presso il Comune)	<p>Ubicazione*: → zona di protezione S delle acque sotterranee → settore Au di protezione delle acque sotterranee → altri settori (territorio rimanente, settore Ao)</p> <p>Quota massima della falda</p> <p>Il Piano generale di smaltimento delle acque (PGS*) fornisce indicazioni circa: → idoneità del terreno all'infiltrazione → cap. 2.1 → sistema di smaltimento (misto o separato) → cap. 2.2.2 → cap. 1.3.4</p>
PRIORITÀ	<p>Le priorità di smaltimento delle acque chiare e meteoriche sono: → cap. 2.1</p> <p>1. infiltrazione superficiale (dispersione attraverso un suolo biologicamente attivo): → superfici parzialmente permeabili → cap. 4.2.1 → superfici permeabili → cap. 4.2.2 → grigliati e prati ghiaiosi → cap. 4.2.3 → impianti di infiltrazione con passaggio attraverso il suolo → cap. 4.3.1</p> <p>2. infiltrazione profonda (direttamente nel sottosuolo) → impianti di infiltrazione senza passaggio attraverso il suolo → cap. 4.3.2</p> <p>L'infiltrazione superficiale è da preferire a quella profonda perché garantisce una migliore protezione delle acque: l'effetto depurativo presente nel suolo è invece modesto nel sottosuolo (di conseguenza la vulnerabilità della falda è maggiore).</p> <p>3. scarico nelle acque superficiali (direttamente o tramite collettore acque meteoriche)</p> <p>4. allacciamento alla canalizzazione per acque miste</p>
PROGETTAZIONE	<p>La corretta progettazione degli impianti di infiltrazione si basa sull'esame:</p> <ul style="list-style-type: none">della fattibilità → caratteristiche idrogeologiche, diritto del vicinato → cap. 2.2dell'ammissibilità (vedi tabella C a pagina 16): → cap. 2.3<ul style="list-style-type: none">→ zone S e settore Au→ vulnerabilità della falda→ quota massima della falda→ grado di inquinamento delle acque <p>I principi costruttivi e le possibili tipologie di impianto sono illustrati nel cap. 4. → cap. 4</p> <p>Gli impianti di ritenzione e infiltrazione devono essere correttamente dimensionati. → cap. 5</p>



Indice

1. Introduzione.....	1
1.1 Premessa	1
1.2 Basi legali	2
1.3 Definizioni.....	3
1.3.1 Tipi di acque	3
1.3.2 Infiltrazione.....	4
1.3.3 Ritenzione	4
1.3.4 Sistemi di smaltimento delle acque.....	5
1.4 Catasto delle infiltrazioni	6
2. Concezione dell'infiltrazione.....	7
2.1 Priorità.....	7
2.2 Esame della fattibilità dell'infiltrazione.....	8
2.2.1 Caratteristiche locali	8
2.2.2 Condizioni idrogeologiche	8
2.3 Esame dell'ammissibilità dell'infiltrazione	11
2.3.1 Vulnerabilità della falda	11
2.3.2 Grado di inquinamento delle acque piovane	13
2.3.3 Ubicazione del punto di infiltrazione (caratteristiche locali)	14
2.3.4 Ammissibilità dell'infiltrazione – tabella ricapitolativa	15
3. Concezione della ritenzione.....	17
4. Tipi di impianti.....	19
4.1 Principi costruttivi.....	19
4.1.1 Introduzione.....	19
4.1.2 Predepurazione meccanica	19
4.1.3 Fase di costruzione.....	19
4.1.4 Sicurezza.....	20
4.1.5 Tratta d'infiltrazione.....	20
4.1.6 Altri aspetti costruttivi.....	21
4.1.7 Esercizio e manutenzione	21
4.2 Infiltrazione superficiale	22
4.2.1 Superfici parzialmente permeabili (senza passaggio attraverso il suolo).....	22
4.2.2 Superfici permeabili (senza passaggio attraverso il suolo).....	23
4.2.3 Elementi grigliati e prati ghiaiosi	23
4.3 Raccolta ed infiltrazione con impianti d'infiltrazione.....	25
4.3.1 Impianti di infiltrazione con passaggio attraverso il suolo.....	25
4.3.2 Impianti di infiltrazione senza passaggio attraverso il suolo (infiltrazione profonda).....	28



4.4	Ritenzione	31
4.4.1	Ritenzione sui tetti.....	31
4.4.2	Ritenzione su strade e piazze.....	32
4.4.3	Ritenzione in canali, bacini e fossi	32
4.5	Impianti di trattamento.....	34
4.5.1	Impianti di trattamento con adsorbenti artificiali.....	34
4.5.2	Impianti di ritenzione e trattamento naturali con passaggio attraverso il suolo.....	35
5.	Dimensionamento degli impianti.....	37
5.1	Introduzione.....	37
5.2	Afflusso d'acqua.....	38
5.2.1	Coefficiente di deflusso (Ψ)	38
5.2.2	Portata di dimensionamento	38
5.3	Intensità di pioggia	39
5.3.1	Introduzione.....	39
5.3.2	Valori forfettari.....	39
5.3.3	Curve di intensità di pioggia TI (2002).....	39
5.4	Impianti di infiltrazione	41
5.4.1	Capacità d'infiltrazione di un impianto.....	41
5.4.2	Fattore di sicurezza	42
5.5	Impianti di ritenzione	42
5.5.1	Dimensionamento in base alle curve d'intensità di pioggia e diagramma generali	42
5.5.2	Calcolo mediante modelli di simulazione numerici	43
5.6	Esempi di dimensionamento.....	45
5.6.1	Esempio A: casa monofamiliare	45
5.6.2	Esempio B: pozzo perdente.....	45
5.6.3	Esempio C: bacino d'infiltrazione.....	47
6.	Esercizio	49



Elenco tabelle

Tabella 1: permeabilità media dei terreni.....	9
Tabella 2: caratteristica del suolo (tabella A).....	12
Tabella 3: vulnerabilità della falda (tabella B).....	12
Tabella 4: classe di inquinamento delle acque provenienti dai tetti.....	13
Tabella 5: classe di inquinamento delle acque provenienti da piazze e vie (smaltimento dei fondi).....	14
Tabella 6: valutazione dell'ammissibilità dell'infiltrazione (tabella C).	16
Tabella 7: valori indicativi del coefficiente di deflusso Ψ	38
Figura 25 e Tabella 8: regioni di riferimento per le curve di intensità di pioggia e relativi parametri.....	40

Elenco figure

Figura 1: esempio di sovraccarico idraulico di una canalizzazione.....	1
Figura 2: schematizzazione dell'infiltrazione superficiale e profonda.	4
Figura 3: possibili sistemi di smaltimento (schema).	5
Figura 4: esempio di scheda per catasto delle infiltrazioni.....	6
Figura 5: schema della struttura del suolo.....	11
Figura 6: schema di principio di un impianto di ritenzione.	17
Figura 7: esempio di impianto di ritenzione e infiltrazione di recente costruzione.....	18
Figura 8: esempi di pavimentazione semi-permeabile in pietra.....	22
Figura 9: esempi di pavimentazione in ghiaia / grigliato con ghiaia (parcheggio).....	23
Figura 10: struttura-tipo di un prato ghiaioso.....	24
Figura 11: esempio di grigliati erbosi.....	24
Figura 12: schema di dispersione e ritenzione delle acque raccolte dai pluviali.	26
Figura 13: esempi di infiltrazione superficiale (dispersione laterale).	26
Figura 14: bacino di ritenzione e infiltrazione.	27
Figura 15: bacino di ritenzione e infiltrazione.	28
Figura 16: pozzo perdente.	29
Figura 17: trincea d'infiltrazione.	30
Figura 18: esempio di ritenzione-infiltrazione tramite canale di accumulo (collegato a PP) e trincea.	30
Figura 19: esempi di ritenzione sui tetti.	31
Figura 20: sezione schematica di realizzazione di un canale di accumulo.....	33
Figura 21: esempio di concetto di ritenzione a scala di quartiere.	33
Figura 22: trattamento con adsorbente artificiale per le acque di una facciata in rame (superfici < 50mq).....	34
Figura 23: bacino di ritenzione filtrante.....	35
Figura 24: cunetta filtrante.....	35
Figura 25 e Tabella 8: regioni di riferimento per le curve di intensità di pioggia e relativi parametri.....	40
Figura 26: curve di intensità di pioggia della stazione di Magadino per una durata inferiore a 90 min.	41
Figura 27: determinazione del volume di ritenzione mediante curve di intensità di pioggia.	42
Figura 28: diagrammi generali di dimensionamento per piccoli impianti di infiltrazione.	44
Figura 29: schema di pozzo perdente e relativi parametri di dimensionamento.....	46
Figura 30: schema bacino d'infiltrazione.....	47
Figura 31: bacino di ritenzione e infiltrazione dove è stato utilizzato un mezzo non idoneo (costipamento).....	49



I. Introduzione

I.1 Premessa

La progressiva edificazione ha portato ad una sempre più marcata sigillatura delle superfici nelle zone edificabili, che tende ad impedire una naturale infiltrazione nel suolo delle acque meteoriche: buona parte dell'acqua meteorica e di disgelo, che in passato s'infiltrava naturalmente nel suolo, viene oggi convogliata direttamente nelle canalizzazioni e nei corsi d'acqua.

Ciò riduce la rigenerazione delle acque di falda e causa delle punte di deflusso nella rete di canalizzazioni e nei ricettori: direttamente nelle zone a sistema separato, tramite gli scaricatori di piena nelle zone a sistema misto (→ capitolo I.3). A causa della progressiva impermeabilizzazione delle superfici, le zone edificate presentano una risposta alle precipitazioni molto più rapida rispetto ad un territorio naturale.

Per frenare questa tendenza, il legislatore ha prescritto l'infiltrazione delle acque non inquinate (→ capitolo I.2).

Gli obiettivi sottesi sono:

- smaltire le acque delle zone edificate in modo più prossimo possibile allo stato naturale
- limitare l'impermeabilizzazione del suolo
- non canalizzare acque non inquinate
- attuare la ritenzione per limitare le punte di deflusso



Figura I: esempio di sovraccarico idraulico di una canalizzazione.

Il contenuto delle presenti istruzioni riguarda la **progettazione degli impianti di infiltrazione e ritenzione per lo smaltimento delle acque chiare e meteoriche dei fondi**, e si basa sulla direttiva *Smaltimento delle acque meteoriche* (VSA 2002, update 2008) dalla quale sono riprese, su gentile concessione della VSA, le rappresentazioni grafiche riportate nel capitolo 4. Queste istruzioni, che non trattano lo smaltimento delle acque stradali a forte carico, sostituiscono la pubblicazione *Infiltrazione e ritenzione delle acque meteoriche* (SPAAS, 1998).



I.2 Basi legali

Legislazione federale:

- Legge federale sulla protezione delle acque del 24 gennaio 1991 (LPAc) – in particolare:

Art. 6 Principio

¹ È vietato introdurre direttamente o indirettamente o lasciare infiltrarsi nelle acque sostanze che possono inquinare.

Art. 7 Eliminazione delle acque di scarico

² Le acque di scarico non inquinate devono essere eliminate mediante infiltrazione giusta le prescrizioni dell'autorità cantonale. Se le condizioni locali non lo permettono, possono essere immesse in un'acqua superficiale; in tal caso occorre provvedere per quanto possibile affinché, in caso di grande afflusso, misure di ritenuta consentano di far defluire l'acqua in modo regolare. Le immissioni non indicate in una pianificazione comunale dello smaltimento delle acque di scarico approvata dal Cantone necessitano del permesso dell'autorità cantonale.

Art. 12 Casi particolari nel perimetro delle canalizzazioni pubbliche

³ Le acque di scarico non inquinate, con afflusso permanente, non devono essere introdotte né direttamente né indirettamente in una stazione centrale di depurazione. L'autorità cantonale può autorizzare eccezioni.

- Ordinanza sulla protezione delle acque del 28 ottobre 1998 (OPAc) – in particolare:

Art. 3

¹ L'autorità valuta se le acque di scarico immesse nelle acque o lasciate infiltrare vadano considerate inquinate o non inquinate, secondo:

- a. il tipo, la quantità e le caratteristiche delle sostanze presenti nelle acque di scarico e suscettibili di inquinare acque, nonché il periodo durante il quale tali sostanze vengono immesse;
- b. lo stato delle acque nelle quali pervengono le acque di scarico.

² Se le acque di scarico vengono lasciate infiltrare, l'autorità considera anche se:

- a. le acque di scarico possano essere inquinate a causa del deterioramento presente nel suolo o nella zona insatura del sottosuolo;
- b. le acque di scarico vengano sufficientemente depurate nel suolo;
- c. i valori indicativi fissati dall'ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (Osuolo) possano essere rispettati a lungo termine, fatta eccezione per l'infiltrazione in un impianto apposito o nella zona delle scarpate e delle fasce verdi lungo le vie di comunicazione.

³ In linea di principio, l'acqua piovana che scorre da superfici edificate o rinforzate va considerata acqua di scarico non inquinata se proviene:

- a. da tetti;
- b. da strade, sentieri e piazzali sui quali non vengono scaricate, lavorate e depositate ingenti quantità di sostanze suscettibili di inquinare le acque e, in caso di infiltrazione, se viene sufficientemente depurata nel suolo; nel valutare se le quantità di sostanze siano ingenti, bisogna tenere conto del rischio di incidenti;
- c. da strade ferrate per le quali è garantito che si rinuncerà a lungo termine all'impiego di prodotti fitosanitari o, in caso di infiltrazione, se i prodotti fitosanitari sono sufficientemente trattenuti e degradati da uno strato di terreno biologicamente attivo.



Legislazione cantonale:

- Legge d'applicazione della legge federale contro l'inquinamento delle acque dell'8 ottobre 1971 del 2 aprile 1975 (LALIA)

Legislazione comunale:

- Regolamento comunale delle canalizzazioni

Norme, direttive e basi tecniche:

- *Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee* (UFAFP, 2004)
- direttiva VSA *Smaltimento delle acque meteoriche* (2002 e successivi aggiornamenti)
- norma SN 592000 *Impianti per lo smaltimento delle acque dei fondi* (VSA/SIA/Suissetec, 2012)
- norma SIA 190 *Canalisations*
- Raccomandazione *Curve d'intensità di pioggia per il Canton Ticino* (2002)

1.3 Definizioni

1.3.1 Tipi di acque

Acque di scarico

Acque alterate dall'uso domestico, industriale, artigianale, acque meteoriche che defluiscono su superfici edificate o consolidate, acque chiare.

Acque inquinate (reflue)

Acque di scarico in grado di inquinare l'acqua in cui sono immesse, ossia che causano un'alterazione pregiudizievole delle proprietà fisiche, chimiche o biologiche dell'acqua.

Acque meteoriche (piovane)

Acque di scarico provenienti dalle superfici impermeabilizzate (tetti, strade, piazzali, ecc) a seguito delle precipitazioni atmosferiche.

Il grado d'insudiciamento delle acque meteoriche essenzialmente dal tipo e dall'ubicazione della superficie da smaltire: **le acque meteoriche provenienti dai tetti o da vie di comunicazione poco trafficate sono di regola considerate non inquinate.**

Acque chiare

Acque di scarico non inquinate e non meteoriche quali acque di raffreddamento, di climatizzazione, di pompe di calore, dei drenaggi, di scarico di fontane, di ruscelli, di sorgenti, di troppo pieno di serbatoi d'acqua potabile, ecc.

I.3.2 Infiltrazione

L'infiltrazione è il fenomeno fisico per il quale l'acqua presente sulla superficie del terreno penetra al suo interno.

Questo movimento avviene sotto la spinta sia della forza gravitazionale che per capillarità.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque, l'infiltrazione consiste nel lasciar defluire acque di scarico attraverso il suolo (**infiltrazione superficiale o dispersione**) o nella loro immissione direttamente nel sottosuolo (**infiltrazione profonda**).

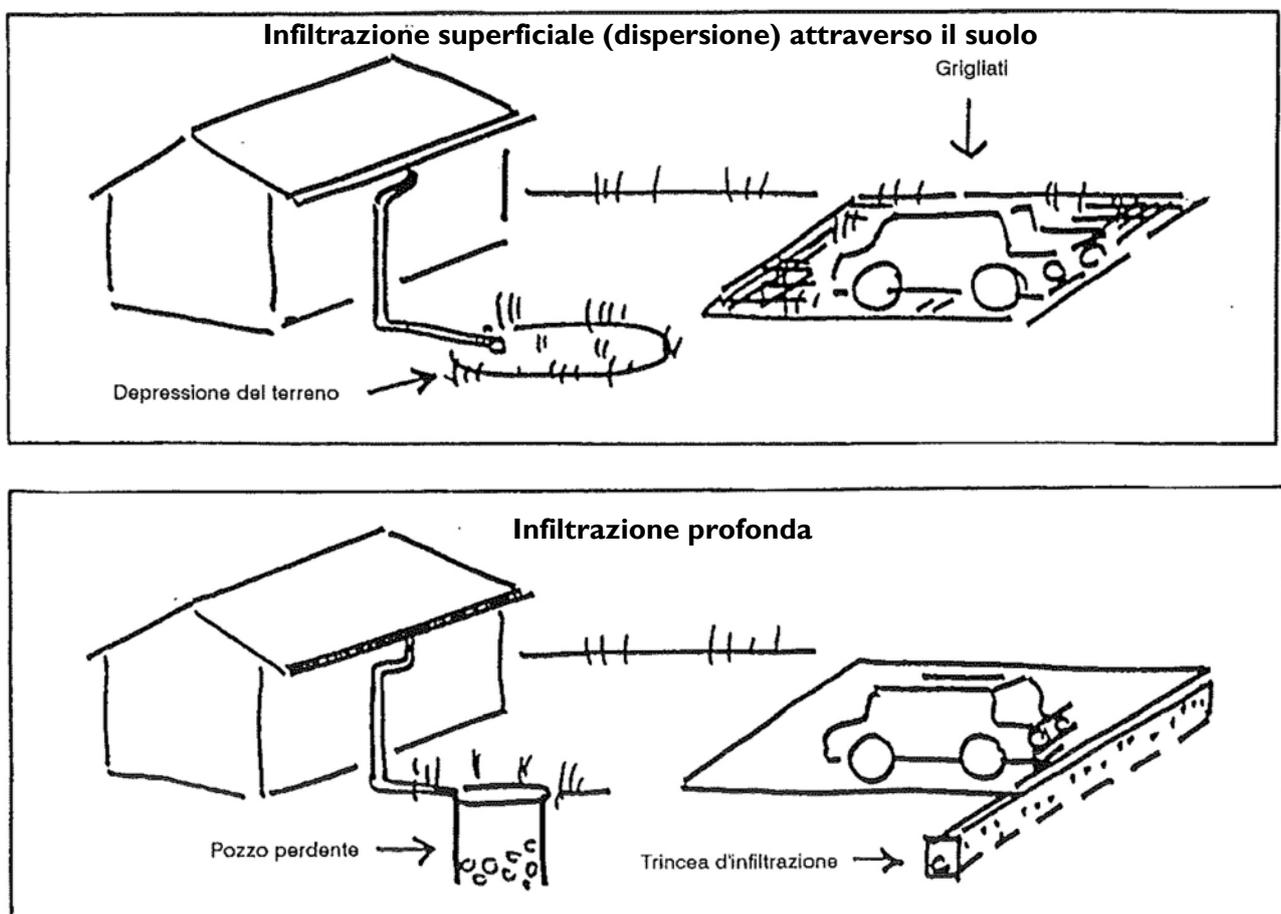


Figura 2: schematizzazione dell'infiltrazione superficiale e profonda.

I.3.3 Ritenzione

La ritenzione consiste nel creare un volume di accumulo per le acque di scarico meteoriche, con lo scopo di regolarizzare i quantitativi smaltiti, riducendo i picchi di deflusso.

La ritenzione non influisce sulle modalità di smaltimento delle acque (infiltrazione, scarico in ricettore o in canalizzazione), ma permette un'evacuazione controllate delle acque contribuendo così a evitare di sovraccaricare gli impianti di infiltrazione, i collettori o i ricettori.



I.3.4 Sistemi di smaltimento delle acque

Sistema misto

Nel sistema misto le acque di scarico luride e meteoriche sono raccolte in un'unica rete di canalizzazioni e convogliate al depuratore.

Per mantenere entro limiti ragionevoli il dimensionamento delle canalizzazioni miste e per non sovraccaricare i depuratori, in rete sono presenti dei manufatti di regolazione delle portate e conseguente scarico nelle acque superficiali.

Sistema separato

Nel sistema separato le acque di scarico luride e meteoriche sono evacuate in modo disgiunto: le acque luride sono convogliate al depuratore tramite canalizzazione, mentre le acque meteoriche sono immesse, direttamente o tramite un apposito collettore, in un ricettore superficiale.

Sistemi alleggeriti (con infiltrazione)

Se le condizioni locali lo permettono, le acque non inquinate devono di principio essere infiltrate.

Di conseguenza si hanno 4 principali "combinazioni" tra sistema di smaltimento e possibilità di infiltrazione, come rappresentato nella figura 3.

Il sistema con priorità all'infiltrazione delle acque meteoriche nei fondi è definito "alleggerito" perché i collettori pubblici sono sgravati tramite l'infiltrazione: i quantitativi di acque da raccogliere sono inferiori perché in parte sono infiltrate direttamente sui fondi.

Il sistema misto alleggerito ha una frequenza di scarico nelle acque superficiali inferiore rispetto al sistema misto senza infiltrazione sui fondi.

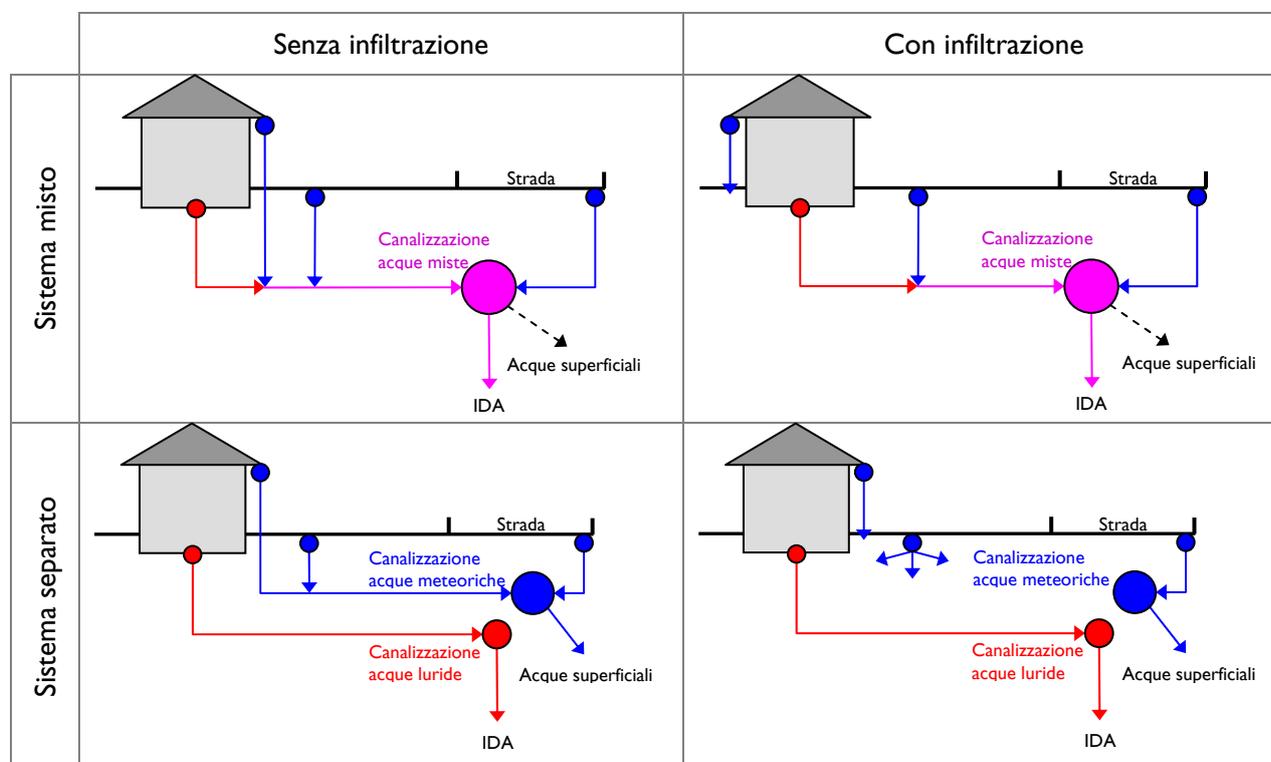


Figura 3: possibili sistemi di smaltimento (schema).



1.4 Catasto delle infiltrazioni

Un controllo a posteriori degli impianti realizzati è opportuno, specialmente per quanto riguarda i pozzi perdenti e le infiltrazioni in zone di protezione o di zone sensibili (aree artigianali e industriali), perché permette di identificare gli impianti inefficienti, pericolosi per le acque sotterranee o con troppo-pieno nelle canalizzazioni per acque miste.

La sorveglianza e il controllo mirati degli impianti esistenti e di quelli di nuova autorizzazione è possibile solo con l'aiuto sistematico del rilevamento dei dati.

Mediante il catasto delle infiltrazioni si rilevano i principali parametri degli impianti:

- ubicazione
- anno di costruzione / anno di risanamento
- risultati controllo: necessità di risanamento, carenze
- tipo d'impianto: dispersione superficiale, bacino d'infiltrazione, pozzo perdente, ecc.
- provenienza delle acque meteoriche: tipo di superfici (tetti, piazzali, piazza di trasbordo, ecc.)
- caratteristiche dell'impianto: superficie allacciata, tipo di predepurazione, tipo chiuso, possibilità di accesso, tipo di scarico di emergenza

Il catasto delle infiltrazioni costituisce pertanto un'appendice al catasto degli allacciamenti privati.

Catasto delle infiltrazioni			
Comune		Fabbricato n°	
Luogo			
Coordinate	/	(p.e. 43418/21855)	
Precisione della posizione	<input type="checkbox"/> ±10 cm <input type="checkbox"/> ±50 cm	<input type="checkbox"/> >50 cm	<input type="checkbox"/> ignota
Via	N. civico	N. di mappale	
N. incarto		Anno di costruzione	
Stato dell'impianto	<input type="checkbox"/> in servizio <input type="checkbox"/> fuori servizio	<input type="checkbox"/> non più esistente	
Ispezione			
Data		Nome	
Carenze	<input type="checkbox"/> nessuna <input type="checkbox"/> non essenziali	<input type="checkbox"/> importanti	
Osservazioni dell'ispezione			
Intervallo d'ispezione ogni		anni	
Con passaggio attraverso il suolo		Senza passaggio attraverso il suolo	
<input type="checkbox"/> Dispersione superficiale	<input type="checkbox"/> Corpo di ghiaia		
<input type="checkbox"/> Infiltrazione oltre banchina laterale	<input type="checkbox"/> Pozzo perdente		
<input type="checkbox"/> Bacino d'infiltrazione	<input type="checkbox"/> Trincea d'infiltrazione		
<input type="checkbox"/> Cunette / canalette filtranti	<input type="checkbox"/> Combinazione pozzo / trincea		
<input type="checkbox"/> Altro	<input type="checkbox"/> Altro		
Predepurazione meccanica / impianto di trattamento			
Predep. meccanica	<input type="checkbox"/> nessuna <input type="checkbox"/> raccoglitore di fango	<input type="checkbox"/> separatore materiali fluttuanti	<input type="checkbox"/> ignota
Imp. di trattamento	<input type="checkbox"/> bacino di ritenzione filtrante <input type="checkbox"/> sistema di cunette/canalette filtranti	<input type="checkbox"/> adsorbente artificiale <input type="checkbox"/> sacco filtrante	
Copertura del pozzo, accessibilità (*solamente per impianti con pozzetti)			
Chiusura*	<input type="checkbox"/> avvitata <input type="checkbox"/> non avvitata	<input type="checkbox"/> ignota	
Iscrizione*	<input type="checkbox"/> con scritta <input type="checkbox"/> senza scritta	<input type="checkbox"/> ignota	
Tenuta*	<input type="checkbox"/> stagna <input type="checkbox"/> non stagna	<input type="checkbox"/> ignota	
Accessibilità	<input type="checkbox"/> coperto <input type="checkbox"/> accessibile <input type="checkbox"/> inaccessibile	<input type="checkbox"/> ignota	
Veicolo aspirante*	<input type="checkbox"/> accessibile <input type="checkbox"/> inaccessibile	<input type="checkbox"/> ignota	
Sforatore d'emergenza			
<input type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> nel ricettore <input type="checkbox"/> nella canalizzazione acque miste <input type="checkbox"/> ignota	<input type="checkbox"/> con sbocco in superficie <input type="checkbox"/> nella canalizzazione acque piovane		
Oggetti allacciati (più possibilità)		Superficie [m²]	di cui in metallo [m²]
<input type="checkbox"/> Superficie del tetto di stabili abitativi e amministrativi			
<input type="checkbox"/> Superficie del tetto di stabili industriali e artigianali			
<input type="checkbox"/> Piazzali di trasbordo e deposito			
<input type="checkbox"/> Piazzali / accessi			
<input type="checkbox"/> Posteggi			
<input type="checkbox"/> Strade di raccordo e collettrici			
<input type="checkbox"/> Strade di collegamento, principali e di grande traffico			
<input type="checkbox"/> Impianti ferroviari			
<input type="checkbox"/> Acque chiare: acque di fontane, di drenaggi, di falda, di sorgente / di raffreddamento non inquinate			l/s
Note:			
Data		Visto	

Figura 4: esempio di scheda per catasto delle infiltrazioni.



2. Concezione dell'infiltrazione

2.1 Priorità

Le modalità da adottare per lo smaltimento delle acque sono definite nel Piano generale di smaltimento delle acque (PGS), che stabilisce in particolare:

- il sistema di smaltimento (separato o misto)
- le zone nelle quali le acque di scarico non inquinate devono essere lasciate infiltrare
- le zone nelle quali le acque di scarico non inquinate possono essere immesse in acque superficiali
- le zone dove è necessaria la ritenzione delle acque meteoriche

In termini generali, le **priorità** (in ordine decrescente) per lo smaltimento delle acque chiare e delle acque meteoriche non inquinate sono:

- 1. infiltrazione superficiale** (dispersione attraverso un suolo biologicamente attivo → humus)
- 2. infiltrazione profonda** (direttamente nel sottosuolo - senza passaggio attraverso il suolo)
- 3. scarico nelle acque superficiali** (direttamente o tramite collettore acque meteoriche)
- 4. allacciamento alla canalizzazione per acque miste**

L'infiltrazione superficiale è da preferire a quella profonda perché permette di sfruttare il potere depurativo dello strato umico ed evita di concentrare le acque.

Per una corretta progettazione degli impianti di infiltrazione si deve tener conto dei seguenti fattori, che riguardano da un lato le possibilità fisiche di realizzare l'infiltrazione (**fattibilità**), dall'altro permettono di garantire che questi impianti non costituiscano un pericolo di inquinamento delle acque sotterranee (**ammissibilità**). Nella progettazione dapprima viene verificata la fattibilità e successivamente l'ammissibilità.

fattibilità	<ul style="list-style-type: none"> • caratteristiche locali, diritto del vicinato: → capitolo 2.2.1 • condizioni idrogeologiche → capitolo 2.2.2
ammissibilità	<ul style="list-style-type: none"> • vulnerabilità della falda → capitolo 2.3.1 • grado di inquinamento delle acque → capitolo 2.3.2 • ubicazione del punto di infiltrazione: → capitolo 2.3.3 <ul style="list-style-type: none"> - quota della falda - zone di protezione delle acque sotterranee S - settore di protezione delle acque sotterranee Au - sito contaminato / inquinato - altre zone di protezione (della natura, ecc.)

Esame della proporzionalità: la variante più appropriata per lo smaltimento delle acque meteoriche e chiare è scelta anche tenendo conto dell'analisi di utilità (rapporto costi/benefici) dove i costi sono comprensivi degli investimenti e dei prevedibili costi di esercizio, manutenzione e smantellamento, mentre i benefici sono determinati in base al conseguimento degli obiettivi di protezione delle acque e del suolo.



2.2 Esame della fattibilità dell'infiltrazione

2.2.1 Caratteristiche locali

Diritto del vicinato

Il vicino, segnatamente colui che si trova a valle, non deve essere danneggiato dall'infiltrazione artificiale delle acque meteoriche.

In particolare questo vale per l'infiltrazione concentrata in zone in pendenza (pericolo di instabilità, scoscendimenti, ecc.).

Si richiama l'art. 689 del Codice civile svizzero, in particolare il cpv 2 che recita *A nessuno è lecito modificare il deflusso naturale dell'acqua a danno del vicino.*

Di conseguenza, nell'esame di fattibilità, è necessario tenere conto della **topografia** e della **tipologia d'abitato** (densità edificatoria).

Zone di pericolo (pericoli naturali)

Nella progettazione degli impianti di infiltrazione bisogna tenere conto dell'ubicazione in zone di pericolo, segnatamente in zone soggette a esondazione, alluvionamento, scoscendimenti. In queste zone l'infiltrazione è evidentemente da evitare.

2.2.2 Condizioni idrogeologiche

I seguenti parametri sono determinanti per stabilire la fattibilità dell'infiltrazione e per il dimensionamento degli impianti:

- capacità d'infiltrazione specifica S_{specif} degli strati del terreno (suolo, sottosuolo) e del pacchetto filtrante
- spessore degli strati di copertura (suolo)
- livello massimo raggiunto dalla falda: il fondo dell'impianto di infiltrazione deve trovarsi ad almeno 1 metro sopra il livello massimo delle acque sotterranee (misurato su un periodo di 10 anni)

La capacità di infiltrazione specifica può, in prima approssimazione, essere relazionata al coefficiente di permeabilità k secondo Darcy tramite la seguente relazione:

$$S_{\text{specif}} [\text{litri/min mq}] \approx k_{\text{saturo}} / 2$$

Gli impianti d'infiltrazione dispongono di uno strato filtrante ("pacchetto" di materiale filtrante): si tratta di strati di materiale realizzati artificialmente e collocati sia in superficie, sia in profondità, a dipendenza del tipo di impianto. La permeabilità dello strato filtrante deve essere superiore a quella dello strato sottostante.



Per il dimensionamento di impianti d'infiltrazione è determinante la **permeabilità del materiale sciolto della zona insatura**, che dipende sostanzialmente dal diametro dei granuli e dalla curva granulometrica degli stessi e può essere calcolata con buona approssimazione tramite prove di permeabilità.

Per impianti d'infiltrazione risultano adeguati materiali sciolti con un coefficiente k (permeabilità) superiore a 10^{-5} m/s.

Tipo di materiale	Coefficiente k [m/s]
ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
sabbia, ghiaia sabbiosa	$10^{-5} - 10^{-2}$
sabbia fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
limo, sabbia argillosa	$10^{-8} - 10^{-6}$

Tabella I: permeabilità media dei terreni.

In impianti con dispersione superficiale, la permeabilità dello strato unico costituisce l'elemento limitante. Infatti la capacità d'infiltrazione specifica di un suolo correttamente sistemato è di:

$$S_{\text{specif, suolo}} = 1 - 2 \text{ litri / min / mq}$$

Piano generale di smaltimento delle acque (PGS)

Il Piano Generale di smaltimento delle acque (PGS), rispettivamente la perizia idrogeologica comunale, forniscono indicazioni generiche sull'idoneità dei terreni.

In genere sono fornite le seguenti indicazioni:

- terreno idoneo all'infiltrazione
- terreno parzialmente idoneo all'infiltrazione (necessaria prova di permeabilità)
- terreno non idoneo all'infiltrazione

In alcuni casi le indicazioni sono più approfondite e l'idoneità all'infiltrazione del terreno è differenziata tra infiltrazione superficiale e infiltrazione profonda.

Trattandosi di indicazioni generiche, le stesse non possono costituire una base per il dimensionamento degli impianti di infiltrazione che deve essere fatta sulla base di una prova di permeabilità.

Altre fonti

Informazioni circa le caratteristiche del suolo e del sottosuolo possono essere raccolte anche tramite:

- carte geologiche
- sondaggi e piezometri esistenti
- consultazione di esperti (geologici, tecnici comunali, ecc.)

Questi dati sono utili per determinare la fattibilità e le dimensioni di un piccolo impianto di infiltrazione.



Prova di permeabilità

Nel caso di smaltimento di grandi superfici e/o di particolari condizioni locali è indispensabile l'esecuzione di un sondaggio e/o uno scavo in trincea per avere ulteriori e più precise informazioni locali: spessore degli strati, quota falda, capacità d'infiltrazione. Se necessario potranno essere analizzati dei campioni del suolo (curve granulometriche, valore K).

In ogni caso, per un corretto dimensionamento degli impianti di infiltrazione è necessaria una prova di permeabilità in loco.

2.3 Esame dell'ammissibilità dell'infiltrazione

L'ammissibilità dell'infiltrazione è valutata in base al rischio d'inquinamento delle acque sotterranee, in funzione dei seguenti fattori:

- la vulnerabilità delle acque sotterranee
- la classe d'inquinamento delle acque da infiltrare
- le caratteristiche locali (ubicazione del punto di infiltrazione)

2.3.1 Vulnerabilità della falda

La vulnerabilità della falda, ossia la misura di quanto essa sia sensibile all'immissione di acque tramite infiltrazione, è legata alle caratteristiche del suolo e del sottosuolo, oltre che al tipo di infiltrazione (superficiale = con passaggio attraverso il suolo / profonda = senza passaggio attraverso il suolo).

La struttura del suolo, come riportato nella figura seguente, è schematizzata con i seguenti orizzonti (strati):

- orizzonte A: strato minerale alterato, arricchito con materiale organico (humus), con intensa popolazione animale e fitta radicazione, generalmente di colore scuro, sciolto e grumoso.
- orizzonte B: strato generalmente meno alterato, meno popolato e meno fitto di radici, senza humus o debolmente umico, di colore più chiaro e di maggiore densità volumetrica dell'orizzonte A.
- orizzonte C: materiale di originale minerale, poco o non alterato, pressoché senza vita e radici, con densità volumetrica maggiore dell'orizzonte B, senza materiale organico.

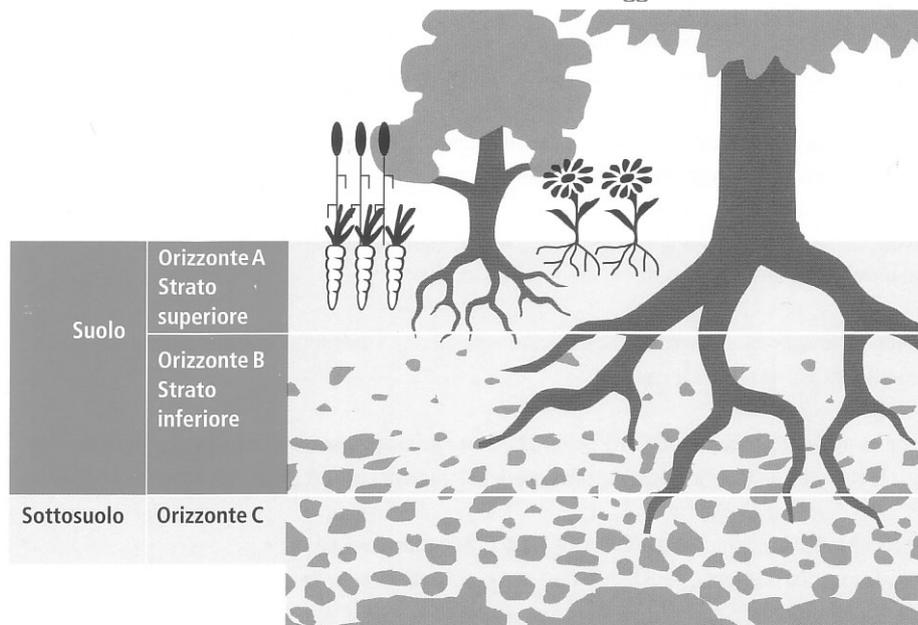


Figura 5: schema della struttura del suolo



La composizione del suolo ne stabilisce le caratteristiche, secondo quanto riportato nella tabella A.

A. Caratteristica del suolo

Requisito di base 1: tenore in argilla A [%] nello strato superiore e nello strato inferiore del suolo: $(5)10 < A < 15(20)$				
Requisito di base 2: tenore in humus H_u [%] dello strato inferiore del suolo: $H_u = C_{org} \times 1.72$				
Se i seguenti parametri sono soddisfatti (cumulativamente) nello...				
... strato superiore del suolo (orizzonte A) e nello...			... strato inferiore (orizzonte B)...	..la caratteristica del suolo è
spessore [cm]	pH (metodo $CaCl_2$)	tenore in humus H_u [%]	spessore [cm]	
≥ 30	≥ 6.5	≥ 4	≥ 50	ottimale
≥ 20	≥ 5.5	≥ 2	≥ 30	media
≥ 10	≥ 5.5	≥ 2	≥ 20	minima
Se non è raggiunto il valore minimo di uno o più parametri, la caratteristica del suolo è				insufficiente
... o con strato unico, senza strato inferiore (ammissibile solo in zona edificabile)				
≥ 30	≥ 5.5	≥ 4	-	minima

Tabella 2: caratteristica del suolo (tabella A).

La tabella B, riportata di seguito, permette di valutare la vulnerabilità della falda in funzione del tipo di suolo, di sottosuolo e di infiltrazione (superficiale o profonda).

Tabella B. Vulnerabilità delle acque sotterranee

Classe del sottosuolo	Caratteristica del suolo (vedi tabella A)			
	ottimale	media	minima o a un solo strato	senza passaggio attraverso il suolo o insufficiente
Valutazione della vulnerabilità delle acque sotterranee				
I materiale sciolto a grana fine	bassa	bassa	media	alta
II materiale sciolto a grana grossolana	bassa	media	alta	alta
III rocce fessurate	media	alta	alta	molto alta

Tabella 3: vulnerabilità della falda (tabella B).

In zona edificabile la caratteristica del suolo, salvo indagini pedologiche puntuali, è da considerarsi minima o tutt'al più media.

Di conseguenza

in zona edificabile, la vulnerabilità della falda per l'infiltrazione delle acque di scarico in assenza di un esame geopedologico puntuale è generalmente da considerare tra media e alta



2.3.2 Grado di inquinamento delle acque piovane

Il carico inquinante legato alle acque meteoriche dipende dal tipo di superficie sulla quale scorrono e dal tipo di attività che vi è svolta: l'acqua meteorica proveniente da superfici impermeabili è talvolta gravata da agenti inquinanti, come per esempio metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, diserbanti, ecc.

Occorre inoltre tenere presente che tutte le acque meteoriche provenienti da superfici sigillate presentano dei picchi di concentrazione più o meno pronunciati all'inizio della pioggia (**first flush**), dovuti in particolar modo a sostanze depositate in tempo secco o dilavate da materiali di superficie.

In relazione ai tetti, il first flush di metalli pesanti si riscontra generalmente nei primi 4 mm di deflusso delle acque meteoriche ed è particolarmente pronunciato per i primi 2 mm.

Il grado di inquinamento legato alla deposizione secca dipende dalla durata del periodo secco precedente l'evento piovoso.

N.B.: i deflussi della classe di inquinamento *elevato* non vanno mischiati, senza pretrattamento, con i deflussi della classe d'inquinamento *debole*.

Tetti

Le acque meteoriche provenienti dai tetti sono di regola considerate non o poco inquinate, ad eccezione dei tetti costituiti da parti importanti di metalli pesanti e se non vi sono svolti lavori di pulizia.

Caratteristiche del tetto	Classe d'inquinamento	Osservazioni
Copertura verde	debole	Senza stuoie bituminose contenenti pesticidi (altrimenti canalizzazione acque luride)
Materiale inerte senza installazioni in metallo, vetro, terrazzi	debole	Senza lavori di pulizia (altrimenti classe d'inquinamento elevata): le acque di lavaggio di tetti in vetro, facciate, ecc. sono acque di scarico inquinate e devono essere trattate. Vanno raccolte separatamente e non possono essere infiltrate.
Materiale prevalentemente inerte con parti usuali d'installazioni in metallo non rivestito	medio	Parti in metallo non rivestito tra 5 e 10% dell'intera superficie di contatto della pioggia sui tetti
Prevalentemente in metallo non rivestito (p.es. rame, zinco, stagno, piombo)*	elevato	Tetti e facciate con un'elevata proporzione di coperture in metallo non rivestito

* I metalli si trovano nelle acque perlopiù in forma disciolta (<70%), ad eccezione del piombo.

Tabella 4: classe di inquinamento delle acque provenienti dai tetti



Piazze e vie di comunicazione

Caratteristiche	Classe d'inquinamento		Osservazioni
Accesso abitazioni, posteggi privati, piste ciclabili, sentieri, strade agricole	debole		Senza lavori di pulizia (altrimenti classe di inquinamento elevata)
Posteggi pubblici senza frequente cambio dei veicoli	debole		
Piazze di trasbordo e deposito, aree di lavoro	medio		Senza liquidi suscettibili di inquinare le acque
Posteggi pubblici con frequente cambio di veicoli (es. centro commerciale)	medio	elevato	Accertamento con le competenti autorità cantonali
Piazze di trasbordo, travaso e deposito di liquidi suscettibili di inquinare le acque	-		Nessuna infiltrazione o immissione nelle acque
Strade	debole a elevato		Non trattato nel presente documento.
Impianti ferroviari, stazioni di smistamento, piste di volo, ecc.	-		Accertamento con le autorità competenti

Tabella 5: classe di inquinamento delle acque provenienti da piazze e vie (smaltimento dei fondi).

2.3.3 Ubicazione del punto di infiltrazione (caratteristiche locali)

L'ammissibilità dell'infiltrazione, oltre che dal grado di inquinamento delle acque da evacuare e dalla vulnerabilità della falda, è limitata da fattori locali.

Quota della falda

Il fondo dell'impianto di infiltrazione deve trovarsi ad almeno 1 metro sopra il livello massimo delle acque sotterranee, per garantire una protezione minima delle stesse.

Zone di protezione delle acque sotterranee S

All'interno delle zone di protezione delle acque S1 e S2 l'infiltrazione è proibita, mentre in zona S3 (zona di protezione distante) è ammessa unicamente l'infiltrazione superficiale attraverso il suolo di acque non inquinate, come ad esempio quelle di tetti senza coperture metalliche.

Settore di protezione delle acque sotterranee Au

Il settore di protezione delle acque sotterranee Au comprende tutti gli acquiferi che contengono acqua di falda sfruttabile. Le carte dei settori e delle zone di protezione sono state pubblicate dal Consiglio di Stato nel 2003 e sono regolarmente aggiornate.

In questo settore le possibilità di infiltrazione profonda sono limitate. **Ad esempio è proibita l'infiltrazione profonda delle acque dei piazzali e dei parcheggi.**



Siti contaminati e inquinati

Nel perimetro di siti contaminati l'infiltrazione artificiale è vietata, mentre l'ammissibilità nei siti inquinati va valutata caso per caso con le competenti autorità cantonali (→ www.ti.ch/siti-inquinati).

Altre zone: zone di protezione della natura, zona agricola, ecc.

In queste zone l'ammissibilità dell'infiltrazione va valutata di caso in caso, in funzione del tipo di zona di protezione, consultando i competenti servizi cantonali.

2.3.4 Ammissibilità dell'infiltrazione – tabella ricapitolativa

La tabella C, riportata di seguito, permette di esaminare l'ammissibilità dell'infiltrazione sulla base della vulnerabilità delle acque sotterranee (→ capitolo 2.3.1), della classe di inquinamento dell'acqua piovana (→ capitolo 2.3.2) e del luogo d'infiltrazione in relazione alle zone e ai settori di protezione delle acque sotterranee (→ capitolo 2.3.3).



Tabella C. Ammissibilità dell'infiltrazione

Settore di protezione delle acque	Vulnerabilità delle acque sotterranee	Tipo di superficie le cui acque devono essere evacuate					
		Superfici di tetti			Spiazzi in zone edificate		
A _u , S1-S3, aS, giusta la carta dei settori e delle zone di protezione delle acque	Dipende dalla conformazione del suolo e dalla natura del sottosuolo. Vedi tabella B pag. 12	Tetti con copertura vegetale senza materiali contenenti pesticidi, tetti in materiali inerti, tetti in vetro ^a , tetti terrazzati ^a	Superfici di tetti in materiali prevalentemente inerti., con parti usuali di installazioni non rivestite contenenti Cu, Zn, Sn, Cr, Ni o Pb	Superfici di tetti con parti importanti di installazioni o coperture non rivestite contenenti Cu, Zn, Sn, Cr, Ni o Pb A _{metallo} >50 m ² /impianto	Accessi alle abitazioni ^a , piazzali ^a , terrazzi ^a , posteggi privati per autovetture ^a	Aree di lavoro, piazze di trasbordo, travaso e deposito	
						senza	con
Classe d'inquinamento delle acque meteoriche							
		debole	medio*	elevato	debole	medio	elevato
Altri settori aS (territorio rimanente)	bassa	+	+	●	+	+	+
	media	+	+	●	+	+	+
	alta	+	+	●	+	●	●
	molto alta	+	●	-	●	●	●
Settore A _u	bassa	+	+	●	+	+	+
	media	+	+	●	+	+	●
	alta	+	+	-	● ^b	●	●
	molto alta	+	●	-	●	●	●
S3	bassa/media	+	+	-	+ ^b	-	-
	alta/molto alta	-	-	-	-	-	-

Legenda

+	infiltrazione ammissibile
●	infiltrazione ammissibile solo con misura di trattamento
●	infiltrazione ammissibile solo con misura di trattamento con adsorbente artificiale
-	infiltrazione non ammissibile

- a se su queste superfici vengono effettuati lavori di pulizia, si applicano i criteri di ammissibilità della classe d'inquinamento "elevato"
- * Se A_{metallo} > 20 m²/impianto, si raccomanda una misura di trattamento tecnica con adsorbente artificiale per proteggere lo strato filtrante o il suolo.
- b L'infiltrazione diffusa sul luogo di caduta della pioggia, attraverso elementi grigliati, prati ghiaiosi, vie non pavimentate in duro, ecc. è ammessa senza alcuna misura di trattamento, purché la parte di superficie sigillata impermeabile (es. piste di transito di parcheggi) non sia preponderante.

Tabella 6: valutazione dell'ammissibilità dell'infiltrazione (tabella C).

3. Concezione della ritenzione

La ritenzione consiste nel **creare un volume di accumulo** per le acque di scarico meteoriche, con lo scopo di regolarizzare i quantitativi smaltiti, riducendo i picchi di deflusso.

La ritenzione ha quindi lo **scopo** di laminare i picchi di portata, permettendo l'evacuazione di un flusso regolato ed evitando così un sovraccarico idraulico degli impianti di infiltrazione, delle canalizzazioni e dei piccoli ricettori.

Si tratta perciò di volumi di accumulo sempre disponibili all'inizio di un evento piovoso. In quest'ottica i volumi di recupero delle acque piovane non sono considerati degli impianti di ritenzione, in quanto in caso di eventi piovosi successivi il volume non è disponibile.

La ritenzione **non influisce sulle modalità di smaltimento delle acque** (infiltrazione, scarico in ricettore o in canalizzazione), **ma permette un'evacuazione controllata delle acque** contribuendo così a evitare di sovraccaricare gli impianti di infiltrazione, i collettori o i ricettori.

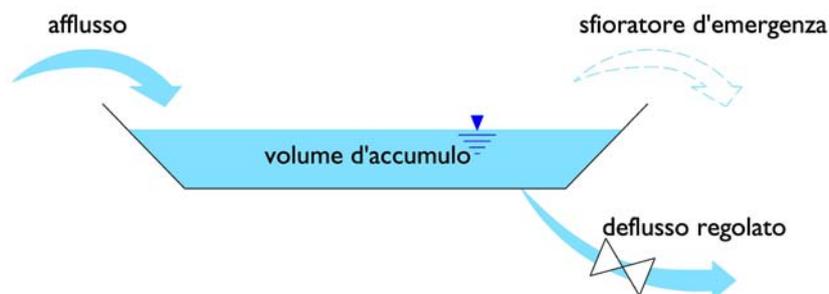


Figura 6: schema di principio di un impianto di ritenzione.

Effetti della ritenzione:

- sul sistema misto: minor sovraccarico dei collettori
quantitativo maggiore di acque convogliato all'impianto di depurazione
ev. maggiore durata dello stramazzo dei bacini delle acque piovane
- sul sistema separato: limitazione dei picchi di portata nei piccoli ricettori
- ecologici: riduzione degli effetti della sigillatura delle superfici
- sicurezza: alleggerimento degli impianti di infiltrazione, della rete di canalizzazioni e dei ricettori

Le **fasi della progettazione e realizzazione** possono essere sintetizzate come segue: definizione degli effetti ricercati - definizione dei parametri di dimensionamento – dimensionamento – realizzazione - istruzioni d'uso.

La concezione dell'impianto di ritenzione deve, una volta accertata la fattibilità costruttiva, soddisfare esigenze idrauliche, paesaggistiche ma deve tener conto anche delle necessità di accessibilità, dei rischi per la sicurezza e di danni, del grado di accettazione (popolazione, responsabili manutenzione, proprietari).

Ogni provvedimento va valutato anche nel contesto generale: il deflusso cumulato da più impianti di ritenzione può, in assenza di un coordinamento regionale, raggiungere valori pari a quelli senza impianti di ritenzione!



Figura 7: esempio di impianto di ritenzione e infiltrazione di recente costruzione.
La vegetazione non è ancora sufficientemente sviluppata per la messa in servizio dell'impianto.



4. Tipi di impianti

4.1 Principi costruttivi

4.1.1 Introduzione

La progettazione dello smaltimento delle acque è compito dell'istante, e deve rispettare il PGS, la norma SIA 190, le direttive VSA *Smaltimento delle acque meteoriche* e norma SN 592000 *Impianti per lo smaltimento delle acque dei fondi* e le indicazioni della SUVA.

La costruzione degli impianti di infiltrazione e ritenzione, una volta appurate la fattibilità e l'ammissibilità di quanto previsto (→ capitoli 2.2 e 2.3), deve mirare a garantirne la funzionalità nel tempo e a permettere una regolare manutenzione, il tutto con un adeguato grado di sicurezza.

Si raccomanda di rispettare i contenuti del presente capitolo; eventuali eccezioni sono da valutare caso per caso congiuntamente all'autorità cantonale.

Il Comune verifica la conformità del progetto, rilascia la licenza edilizia (si ricorda che **l'infiltrazione delle acque deve essere autorizzata dalla competente autorità cantonale**) ed è tenuto a collaudare gli impianti. Questo non comporta l'assunzione di responsabilità da parte del Comune.

4.1.2 Predepurazione meccanica

Le acque raccolte da superfici sigillate (tetti, piazzali, vie di comunicazione) sono cariche di sostanze particellari in sospensione e di detriti fluttuanti. Per questa ragione è necessario prevedere, a monte di un impianto di infiltrazione sotterraneo (pozzi perdenti, corpi di ghiaia,...), una predepurazione meccanica sotto forma di **raccoglitore per fanghi (munito di sifone)**, bacino di sedimentazione o filtro di ghiaia, che permette di ridurre la colmatatura dell'impianto e prolungarne la durata.

La predepurazione:

- è necessaria per garantire il corretto funzionamento degli impianti di infiltrazione, in particolare quelli sotterranei (particolarmente importante per un corpo di ghiaia in quanto non può essere spurgato)
- non costituisce un trattamento (non riduce sensibilmente l'inquinamento da sostanze nocive)
- non riduce la necessità di una regolare manutenzione e sorveglianza degli impianti

4.1.3 Fase di costruzione

- le acque di scarico che si formano durante i lavori di costruzione non possono essere immesse nell'impianto di infiltrazione (rischio di colmatatura);
- durante la costruzione dell'impianto occorre **evitare lo scoprimento della falda** freatica;
- durante i lavori di scavo il suolo deve essere preservato: i lavori di asporto e di deposito del **suolo** devono essere eseguiti in maniera da permettere il suo riutilizzo; l'orizzonte A e l'orizzonte B dovranno essere depositati separatamente. Durante l'esecuzione dei lavori nessuna macchina di cantiere deve transitare sopra il materiale di messa in opera. A fine lavori, lo scavo dovrà essere



ricoperto con il suolo preventivamente asportato, che andrà ricostituito in modo da garantire il mantenimento della struttura originale (orizzonte A sopra e orizzonte B sotto).

I lavori dovranno essere eseguiti con macchinari adatti e in condizioni di suolo secco e tempo asciutto per evitare la compattazione. Il suolo smosso dovrà essere rinverdito a breve termine per favorire il ripristino del terreno allo stato attuale ed evitare eventuali smottamenti ed erosioni o l'infestazione con neofite invasive. Dopo il ristabilimento della copertura vegetale, la superficie di infiltrazione può essere transitata solo con macchine leggere (pressione < 300 g/cmq) per preservare la porosità del suolo.

4.1.4 Sicurezza

- le conseguenze di un sovraccarico idraulico devono essere prevedibili e controllabili. È perciò opportuno progettare uno **sfioratore di emergenza (troppo-pieno)** che deve trovarsi fuori terra ed essere **visibile** (in caso contrario non si noterebbe il malfunzionamento di un impianto di infiltrazione sotterraneo). Il troppo-pieno serve a far fronte ad eventi estremi. Lo stesso non può essere collegato ad una canalizzazione per acque luride o miste (il sistema di smaltimento delle acque di scarico non inquinate deve essere totalmente separato da quello delle acque luride, anche in caso di rigurgito). Eventuali eccezioni sono da motivare e vanno valutate caso per caso congiuntamente all'autorità cantonale;
- **protezione passiva dall'inondazione degli impianti** in caso di piogge eccezionali o di avarie: occorre verificare quali sono gli oggetti a rischio e come si possano proteggere (p.es. bordi rialzati nei pozzi luce);
- per **evitare allacciamenti sbagliati**, i pozzetti e i rispettivi coperchi devono essere contrassegnati in modo chiaro e visibile. I coperchi di pozzetti attraverso i quali sostanze inquinanti potrebbero giungere direttamente nello strato filtrante, devono essere stagni e chiudibili. Il coperchio dei pozzetti, al di sopra dei quali può accumularsi dell'acqua, deve emergere di almeno 10 cm sopra il probabile livello di ristagno;
- gli allacciamenti a impianti di infiltrazione vanno eseguiti in modo da permettere in ogni momento il **prelievo di campioni** di liquidi per la loro analisi;
- i bacini d'infiltrazione vanno cintati, se necessario: fanno stato le indicazioni della SUVA;

4.1.5 Tratta d'infiltrazione

- la tratta d'infiltrazione, cioè la distanza di scorrimento verticale nel sottosuolo insaturo e non alterato, tra il fondo dell'impianto e il livello massimo della falda dev'essere la più lunga possibile, al minimo di 1 m. Per i bacini d'infiltrazione, l'altezza di 1 m include lo spessore di suolo dell'impianto;
- il materiale dello strato filtrante deve possedere una buona curva granulometrica. Se adatto allo scopo, si può impiegare il materiale di risulta dello scavo;
- utilizzare specie vegetali indigene per l'inerbimento;
- i manufatti vanno protetti contro l'erosione nel punto d'immissione delle acque (pietre sul fondo di fosse e trincee, lastre nei pozzi).



4.1.6 Altri aspetti costruttivi

- pendenza delle pareti delle fosse e delle trincee $\leq 2:3$
- se l'impianto d'infiltrazione è situato a ridosso dei piani interrati, occorre adottare adeguate misure per impedire la penetrazione di umidità nei locali;
- i bacini non dovrebbero rimanere sommersi per più di un giorno, per evitare la putrescenza dello strato unico;
- gli impianti di infiltrazione devono essere aerati per permettere la fuoriuscita dell'aria dal fondo e lo svolgimento dei processi aerobici.

4.1.7 Esercizio e manutenzione

- le parti soggette a regolare manutenzione devono essere sempre facilmente accessibili (tutto l'anno);
- le dimensioni dei pozzetti devono permettere un comodo accesso;
- gli addetti alla manutenzione devono poter disporre dei piani esecutivi degli impianti.



4.2 Infiltrazione superficiale

La misura più efficace di gestione delle acque consiste nella rinuncia a impermeabilizzare le superfici nelle aree edificate, facendo in modo che le acque meteoriche possano continuare a disperdersi superficialmente e ad infiltrarsi sul posto.

Perciò, dove le condizioni locali lo permettono, piazze, sentieri, strade d'accesso e posteggi per le autovetture, nonché strade di quartiere e strade residenziali poco trafficate, sono di principio da costruire permeabili all'acqua, preferibilmente provviste di una copertura vegetale.

4.2.1 Superfici parzialmente permeabili (senza passaggio attraverso il suolo)

Pavimentazioni in pietra

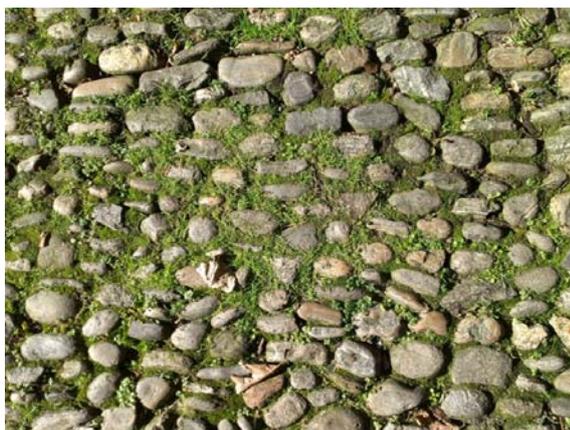


Figura 8: esempi di pavimentazione semi-permeabile in pietra.



4.2.2 Superfici permeabili (senza passaggio attraverso il suolo)

Ghiaia

L'assenza di una copertura vegetale non garantisce la trattenuta degli inquinanti.
Questo tipo di soluzione non è permessa nel settore Au di protezione delle acque sotterranee.



Figura 9: esempi di pavimentazione in ghiaia / grigliato con ghiaia (parcheggio).

Lastricati in calcestruzzo drenanti

I lastricati di calcestruzzo drenanti permettono l'infiltrazione diretta dell'acqua. Devono essere periodicamente puliti.

Lo strato di fondazione in ghiaia può essere realizzato con uno spessore superiore al necessario, per svolgere un ruolo di corpo di ghiaia con un ulteriore volume di ritenzione.

4.2.3 Elementi grigliati e prati ghiaiosi

L'utilizzo di grigliati erbosi e prati ghiaiosi nel settore Au di protezione delle acque sotterranee è ammesso senza trattamento, purché la parte sigillata (piste di transito di parcheggi) non sia preponderante.

Prato ghiaioso

I prati ghiaiosi sono superfici ghiaiose carrozzabili sulle quali cresce una vegetazione (spontanea o seminata). Se lo strato di fondazione in ghiaia viene realizzato con uno spessore superiore al necessario, esso svolge un ruolo di volume di ritenzione, analogamente al corpo di ghiaia (→ capitolo 4.3.2).

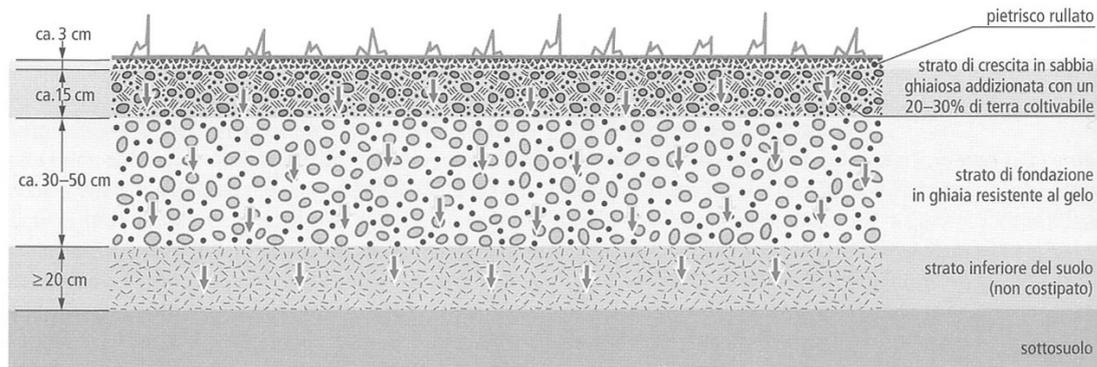


Figura 10: struttura-tipo di un prato ghiaioso.

Elementi grigliati (grigliati erbosi)

I grigliati erbosi non sono adatti alle vie di circolazione, ma sono ideali per l'infiltrazione delle acque delle aree di stazionamento. Su queste superfici è da evitare l'utilizzo di erbicidi e sale.

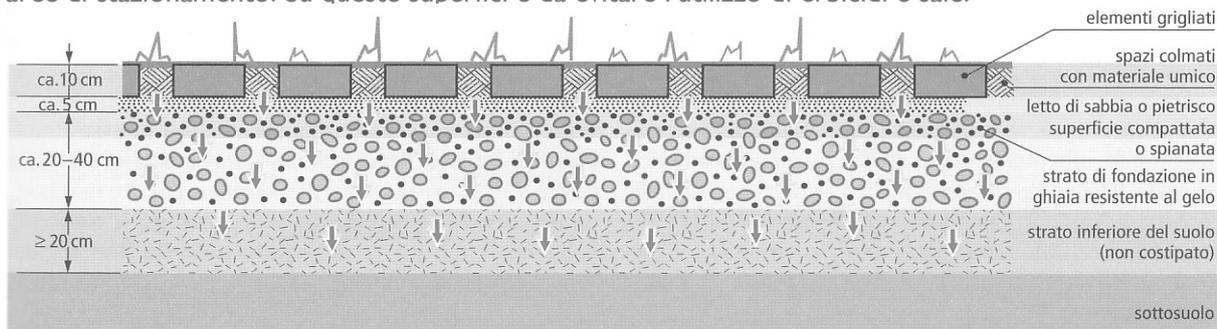


Figura 11: esempio di grigliati erbosi.



4.3 Raccolta ed infiltrazione con impianti d'infiltrazione

Se le condizioni locali non permettono l'infiltrazione superficiale sul posto, l'acqua deve essere infiltrata tramite un impianto di infiltrazione.

Sono considerati impianti:

- le opere realizzate con lo scopo di infiltrare artificialmente le acque, in particolare se il rapporto tra superficie di evacuazione e superficie di infiltrazione è $> a 1:5$ il suolo adibito all'infiltrazione costituisce un impianto o una componente d'impianto;
- le superfici destinate espressamente all'infiltrazione in cui si tollera un arricchimento a lungo termine di sostanze nocive.

Si distinguono in sostanza due tipi di impianti di infiltrazione:

- l'infiltrazione in superficie con passaggio attraverso il suolo
- l'infiltrazione profonda senza passaggio attraverso il suolo

4.3.1 Impianti di infiltrazione con passaggio attraverso il suolo

Nel caso di infiltrazione con passaggio attraverso il suolo, lo strato attivo del suolo trattiene naturalmente le sostanze nocive presenti nell'acqua infiltrata, depurandola e proteggendo le acque sotterranee.

Resta tuttavia da considerare che questi strati di suolo con il tempo si arricchiscono di sostanze nocive, pertanto sono da considerare e devono essere gestiti come elementi di un **impianto** in particolare se i valori indicativi dell'Osuolo sono superati.

Secondo l'art. 3 cpv 2 lett. c dell'OPAc l'infiltrazione di acque di scarico attraverso il suolo è ammissibile unicamente se i valori indicativi fissati dall'ordinanza contro il deterioramento del suolo (Osuolo) possono essere rispettati a lungo termine.

Un'infiltrazione attraverso il suolo è considerata ammissibile se non comporta in meno di 20 anni un superamento del valore indicativo dell'Osuolo.

Se del caso, va fatto divieto di impiego del materiale vegetale a scopi di nutrimento o foraggio.

Gli impianti di infiltrazione devono essere provvisti di una copertura vegetale densa - cotica erbosa permanente di tipo estensivo: da evitare la vegetazione che presenta un apparato radicale profondo che favorisce la formazione di percorsi preferenziali e by-pass.

Raccolta e dispersione superficiale (infiltrazione con passaggio attraverso il suolo)

Se un'impermeabilizzazione è inevitabile (tetti, piazze, strade,...) l'acqua raccolta va, per quanto possibile, nuovamente ripartita su una grande superficie d'infiltrazione. Per esempio l'acqua meteorica che cade sul campo stradale o su piazze può essere infiltrata lateralmente. Spesso però per l'infiltrazione superficiale sono disponibili solo delle superfici ridotte. Per questi casi occorre provvedere all'esecuzione di una adeguata ritenzione.

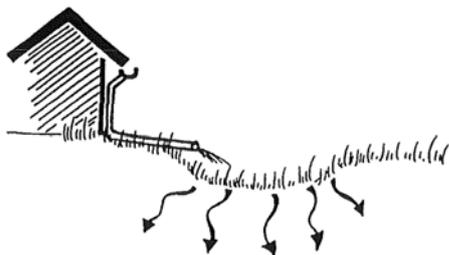


Figura 12: schema di dispersione e ritenzione delle acque raccolte dai pluviali.

Ovunque sia possibile, è opportuno delineare le fasce d'infiltrazione, situate lungo le vie traffico, come parte integrante d'impianto, includendole nel perimetro stradale.

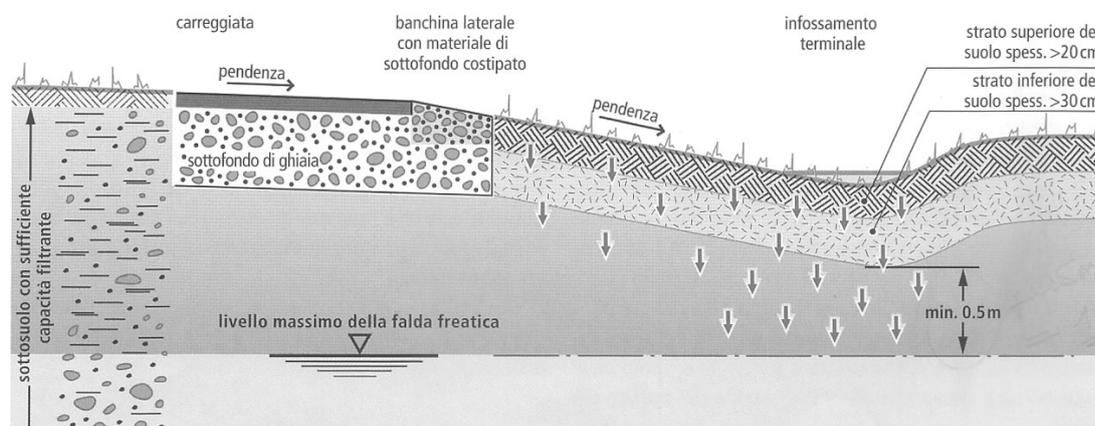
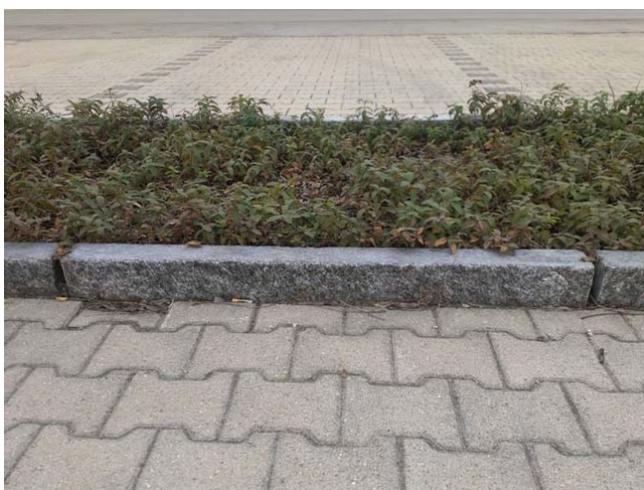
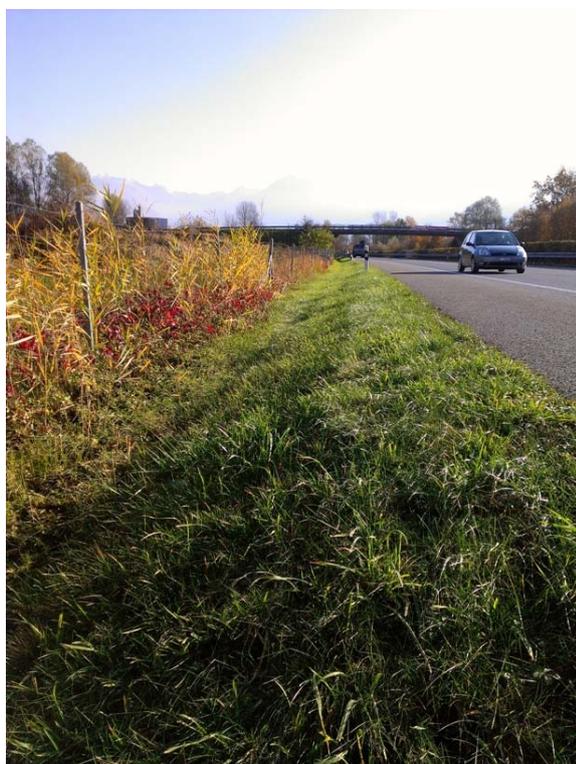


Figura 13: esempi di infiltrazione superficiale (dispersione laterale).



Bacino (fosso) di ritenzione e d'infiltrazione

Un bacino d'infiltrazione costituisce un impianto di trattamento a carattere naturale. Va scavato ad una profondità tale da attraversare gli strati di copertura, raggiungendo direttamente il sottosuolo drenante. In ogni caso la capacità specifica d'infiltrazione della base dell'impianto deve essere superiore a quella del suolo dell'impianto: in caso contrario si avrebbe ristagno d'acqua.

Una parte di bacino può essere dedicata a biotopo impermeabilizzandola.

Per impianti di grandi dimensioni è consigliata la consultazione di un architetto paesaggista.

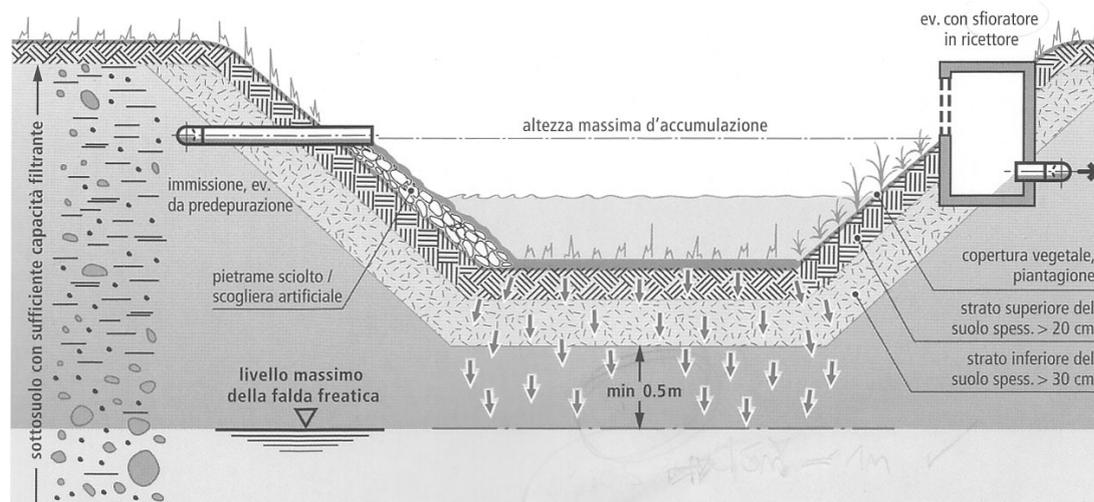


Figura 14: bacino di ritenzione e infiltrazione.

4.3.2 Impianti di infiltrazione senza passaggio attraverso il suolo (infiltrazione profonda)

Gli impianti senza passaggio attraverso il suolo (p. es. pozzo perdente o trincea d'infiltrazione) hanno il vantaggio di necessitare una superficie limitata. Non garantiscono però l'effetto filtrante e di depurazione del suolo. Pertanto trattengono solo in misura limitata le sostanze nocive, che possono raggiungere le acque sotterranee attraversando unicamente il sottosuolo. In particolare in caso di incidenti la protezione delle acque sotterranee è messa in pericolo.

La quantità di acqua che può essere smaltita da un impianto d'infiltrazione dipende dalla struttura e dalla permeabilità, vale a dire dalla capacità d'infiltrazione specifica del suolo, dal livello della falda, dal tipo di impianto costruito e dal livello di rigurgito.

Le forti intensità di pioggia registrate in Ticino portano ad una rapida diminuzione della capacità di infiltrazione di un impianto. Per questo motivo si consiglia prevedere un volume di ritenzione sufficientemente dimensionato (bacino di ritenzione, cunetta, corpo di ghiaia, accumulo su tetto piano,...).

Corpo di ghiaia

Un corpo di ghiaia può essere costruito in un fosso di forma qualsiasi. Esso costituisce anche un **volume di ritenzione** ed è pertanto indicato in presenza di sottosuoli poco permeabili.

Questa caratteristica lo rende preferibile ad un pozzo perdente, per la protezione delle acque sotterranee.

Il riempimento sopra il corpo di ghiaia presenta di regola uno spessore di almeno 1 m.

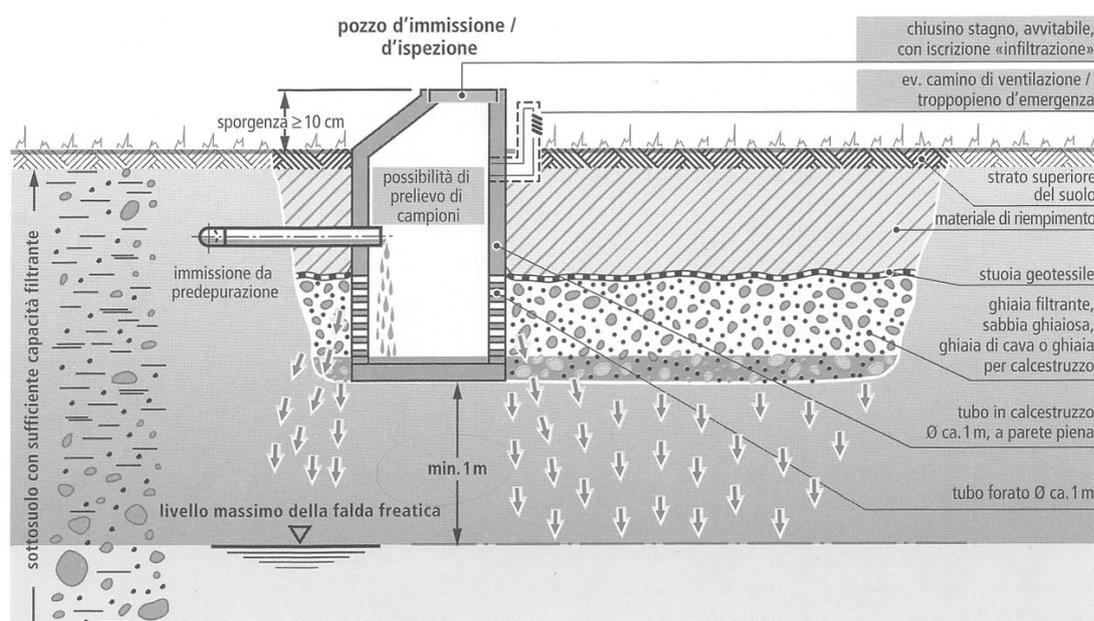


Figura 15: bacino di ritenzione e infiltrazione.

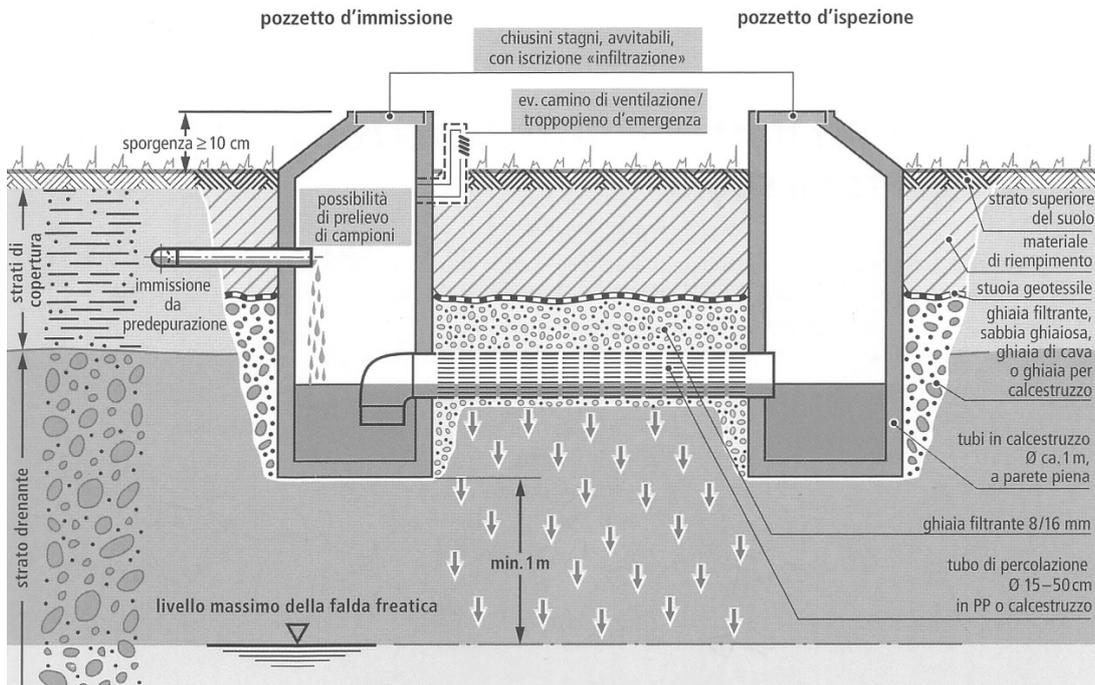


Figura 17: trincea d'infiltrazione.



Figura 18: esempio di ritenzione-infiltrazione tramite canale di accumulo (collegato a PP) e trincea.



4.4 Ritenzione

4.4.1 Ritenzione sui tetti

La ritenzione sui tetti è praticata principalmente sui tetti piani, tramite accumulo d'acqua (portata evacuata < pioggia) o con una copertura vegetale estensiva (infiltrazione, drenaggio, evaporazione). Quest'ultima soluzione è realizzabile anche su tetti debolmente inclinati. Il coefficiente di deflusso, considerato per le portate di punta, di una copertura vegetalizzata è basso.

La limitazione del quantitativo evacuato, non necessario per i tetti con copertura vegetale, può essere ottenuta con diaframmi calibrati, soglie sfioranti o limitatori a vortice.

Come per tutti gli impianti, anche per l'evacuazione delle acque dei tetti sono da prevedere dei **troppopieni** per i casi di intasamento degli scarichi o di superamento di capacità della regolazione dei scarico in caso di eventi piovosi estremi.

Per quanto riguarda la **manutenzione**, si raccomandano regolari ispezioni per evitare intasamenti. Nelle coperture vegetali occorre accudire le piante evitando però la concimazione.

La ritenzione sui tetti piani agisce significativamente sulle portate di deflusso a partire da un'altezza d'accumulo di ca. 5 cm.



Figura 19: esempi di ritenzione sui tetti.
(tramite scarico a portata limitata e conseguente accumulo d'acqua, o con copertura vegetale).



4.4.2 Ritenzione su strade e piazze

Le possibili soluzioni per ottenere una ritenzione tramite misure costruttive integrate sono molteplici:

Fossi

L'acqua viene evacuata lateralmente in fossi, situati parallelamente all'asse stradale o ai bordi di parcheggi.

Per garantire un adeguato inserimento paesaggistico, per facilitare la manutenzione e per questioni di sicurezza, il fosso dovrebbe essere largo e poco profondo. La pendenza longitudinale deve essere minima e non dovrebbe superare il 5‰.

A protezione della vegetazione, è da evitare un ristagno prolungato delle acque: dopo le precipitazioni, i fossi devono tornare asciutti (l'acqua è stata evacuata tramite infiltrazione e/o scarico regolato in un ricettore).

Accumulo in superficie

Un parcheggio può, similmente ad un tetto piano, accumulare temporaneamente acqua in superficie in occasione di eventi piovosi intensi. Trattandosi di eventi poco frequenti, i disagi causati dal ristagno temporaneo sono sopportabili.

Una possibile realizzazione consiste nella posa, all'interno del pozzetto di raccolta dove confluiscono le acque, di un regolatore di deflusso: i quantitativi che superano la portata stabilita sono accumulati temporaneamente in superficie.

4.4.3 Ritenzione in canali, bacini e fossi

L'elemento centrale di un impianto di ritenzione è il regolatore di portata.

I limitatori a vortice sono autopulenti e rappresentano una buona soluzione per le portate comprese tra 1 e 60 l/s.

Per portate superiori è adatto un diaframma tarato (saracinesca regolabile, piastra di metallo, ecc.) che garantisca una sezione libera in uscita di almeno 15 cm.

A monte del limitatore di portata deve essere posizionata una griglia o una camera di decantazione per rimuovere i materiali galleggianti che potrebbero intasare il regolatore.

Ritenzione in canali

Canali d'accumulazione, ossia canalizzazioni per acque meteoriche sovradimensionate (diametro di almeno 1 m), sono impiegati nei sistemi misti che presentano insufficienze idrauliche o possono essere utilizzati per limitare le portate di piena in ricettori deboli.

A valle del canale di ritenzione è posizionato un dispositivo di regolazione (limitatore a vortice, tratta strozzata in pressione, ecc.). La pendenza longitudinale deve essere sufficiente a garantire l'autolavaggio del canale ($V > 0.6$ m/s).

L'innesto a monte nel canale di accumulo deve essere fatto in calotta, in modo tale da evitare un rigurgito nelle canalizzazioni a monte.

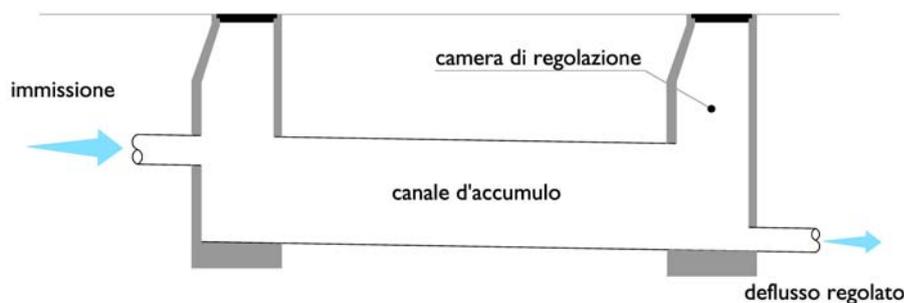


Figura 20: sezione schematica di realizzazione di un canale di accumulo.

Bacini e fossi di ritenzione

Dove non è possibile realizzare un bacino di ritenzione combinato con l'infiltrazione (→ capitolo 4.3.1), è necessaria la costruzione di un bacino separato, ossia che svolge una funzione di ritenzione ma non di smaltimento delle acque.

Di principio vanno sfruttate le depressioni esistenti.

Non necessariamente l'utilizzo deve limitarsi alla ritenzione delle acque meteoriche: con adeguati accorgimenti, aree di svago, magari munite di uno specchio d'acqua, possono essere utilizzate anche per la ritenzione.

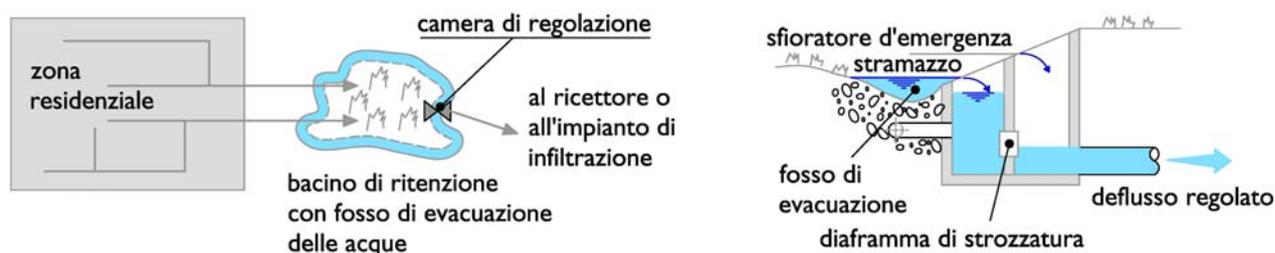


Figura 21: esempio di concetto di ritenzione a scala di quartiere.

4.5 Impianti di trattamento

A dipendenza del loro grado d'inquinamento, le acque meteoriche devono essere depurate mediante filtrazione, adsorbimento o altre misure idonee, prima di poter essere infiltrate o immesse in un corpo d'acqua.

Gli impianti di trattamento sono da impiegare in particolare per acque meteoriche particolarmente inquinate o laddove sussiste un rischio d'incidente (strade a forte traffico, piazze di trasbordo).

Diversamente dagli impianti d'infiltrazione, negli impianti di trattamento l'acqua non è lasciata infiltrare direttamente, ma viene raccolta dopo il trattamento e solo in seguito addotta ad un impianto d'infiltrazione o ev. in acque superficiali.

Questo permette un controllo, mediante analisi delle acque in uscita, del rendimento dell'impianto di trattamento.

Gli impianti di trattamento si suddividono in

- impianti tecnici (es adsorbente artificiale)
- impianti naturali (suolo filtrante)

4.5.1 Impianti di trattamento con adsorbenti artificiali

Gli adsorbenti artificiali possono essere integrati come strato a se stante (spessore di 30-50 cm) in pozzi, infossamenti e ritenzione filtranti. In particolare possono essere posati in alternativa a strati di sabbia o ghiaia.

I materiali che si possono impiegare sono idrossidi metallici, carbone attivo, zeolite, granulati a base di Fe o Al.

Ricerche hanno dimostrato una grande efficacia della miscela 1:1 di GFH (idrossido di ferro granulato) e sabbia calcarea (CaCO_3) nell'eliminazione dei metalli pesanti e nella neutralizzazione di acque meteoriche acide.

L'impiego di adsorbenti artificiali va valutato attentamente a causa del rischio di colmatazione e alla limitata esperienza finora maturata, in particolare in relazione ai costi di gestione e alla durata di vita.

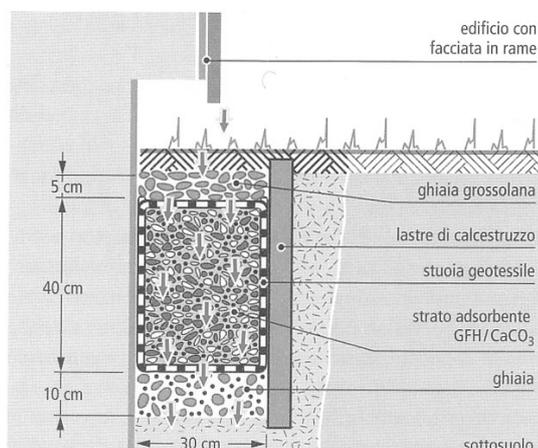


Figura 22: trattamento con adsorbente artificiale per le acque di una facciata in rame (superfici < 50mq).

4.5.2 Impianti di ritenzione e trattamento naturali con passaggio attraverso il suolo

Bacino di ritenzione filtrante

A differenza di un bacino di infiltrazione, l'acqua che attraversa il bacino filtrante (suolo) viene raccolta tramite una condotta di drenaggio e successivamente evacuata (infiltrata o immessa in un ricettore superficiale).

Per impianti di grandi dimensioni è consigliata la consultazione di un architetto paesaggista.

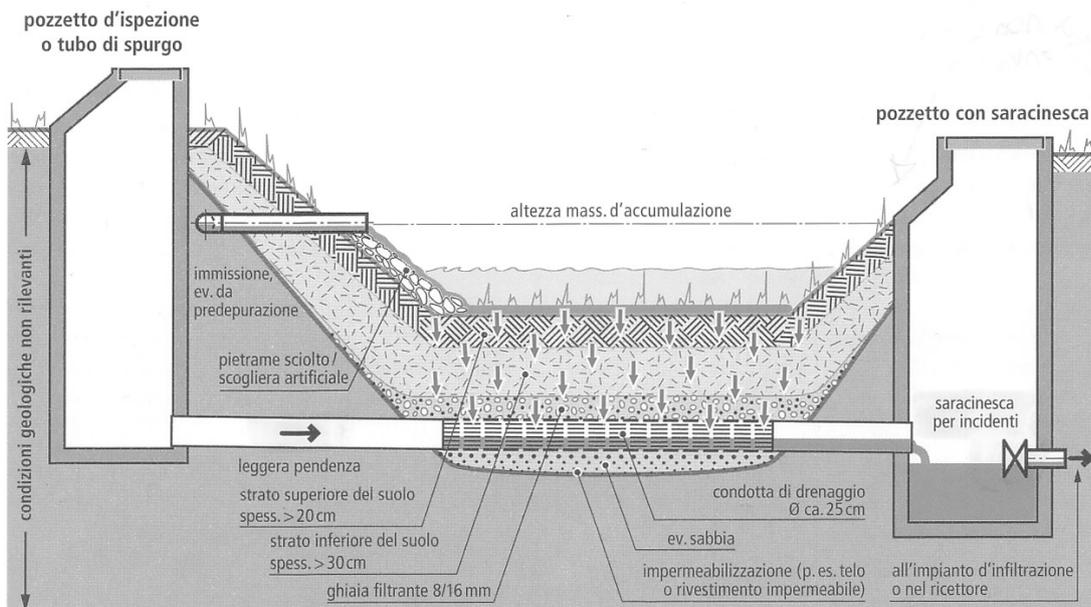


Figura 23: bacino di ritenzione filtrante.

Cunette / canalette filtranti

Le cunette filtranti sono indicate per il trattamento delle acque di scarico stradali inquinate. L'impianto è impermeabilizzato. L'acqua raccolta a valle dell'impianto può essere infiltrata o convogliata ad un ricettore superficiale.

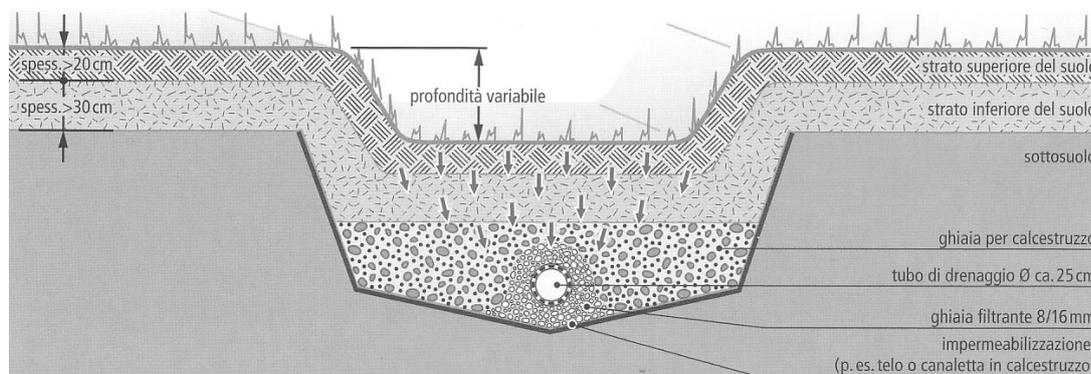


Figura 24: cunetta filtrante.



5. Dimensionamento degli impianti

5.1 Introduzione

Per il dimensionamento degli impianti di infiltrazione e ritenzione occorre fare un distinguo tra impianti che riguardano superfici ridotte (case unifamiliari, ecc.) e quelli che concernono superfici importanti (zona industriali, interi quartieri, opere pubbliche previste dal PGS, ecc.).

Per il primo caso si può operare con parametri semplificati, mentre nel secondo caso si consiglia di consultare la letteratura specializzata e di fare capo a specialisti del ramo.

La responsabilità per il dimensionamento e l'esecuzione degli impianti d'infiltrazione e di ritenzione è dell'ingegnere e/o dell'idrogeologo, rispettivamente dell'impresa di costruzione.

Per quanto esposto di seguito si presuppone una conoscenza e competenza di base in materia.

In linea generale, gli impianti vanno dimensionati in base ai criteri seguenti:

- frequenza del verificarsi dell'evento piovoso determinante
- condizioni idrogeologiche locali
- massimo danno tollerabile in caso di allagamento

Per il dimensionamento si dovrà quindi prestare la necessaria attenzione alla scelta delle piogge di dimensionamento, alla determinazione della portata all'impianto ed alle caratteristiche del "pacchetto" filtrante e del sottosuolo.

Le condotte sono dimensionate per una pioggia di dimensionamento che solitamente ha un periodo di ritorno di 5 anni.

Per gli impianti di infiltrazione e ritenzione la scelta del tempo di ritorno dovrebbe essere fatta in funzione delle conseguenze di un sovraccarico dell'impianto. Se non vi sono rischi o condizioni particolari, si considererà lo stesso tempo di ritorno scelto per gli impianti di evacuazione, secondo le indicazioni del PGS.

Le evacuazioni con ritenzione preventiva sono da dimensionare mediante simulazione a lungo termine utilizzando una serie di piogge storiche di almeno 10 anni.

In ogni caso è opportuno valutare la sensibilità dei risultati rispetto alle ipotesi effettuate, ossia facendo variare alcuni parametri.



5.2 Afflusso d'acqua

5.2.1 Coefficiente di deflusso (Ψ)

Il deflusso da una superficie irrigata dipende, oltre che dall'intensità della pioggia, anche dalla dimensione e dalle caratteristiche della superficie che raccoglie le acque. Il tipo di rivestimento superficiale determina in prima linea il coefficiente di deflusso Ψ , che definisce la proporzione di precipitazione che partecipa alla formazione del deflusso (≤ 1.0).

I coefficienti di deflusso impiegati per singoli oggetti sono generalmente più grandi dei valori usati nel Piano generale di smaltimento (PGS) e vengono raramente raggiunti in realtà.

Giardini, prati e campi non influiscono di solito sulla portata determinante d'acqua piovana e se ne tiene conto solo quando ciò si giustifica, per esempio in caso di terreni ripidi o tendenti a infradiciarsi.

Tipo di superficie	Ψ
tetto	1.0
tetto vegetalizzato	0.3
pavimentazione stagna	1.0
pavimentazione ghiaiosa	0.6
grigliati	0.2

Tabella 7: valori indicativi del coefficiente di deflusso Ψ .

Per il dimensionamento di impianti che raccolgono grandi superfici e/o richiedono un elevato grado di sicurezza non si può generalmente calcolare con i coefficienti summenzionati ma occorre, di regola, introdurre l'effettivo grado di impermeabilizzazione, rilevato per ogni singolo tipo di copertura. Ciò facendo viene definita in modo più preciso la superficie tributaria effettiva (superficie ridotta).

5.2.2 Portata di dimensionamento

Per il dimensionamento delle canalizzazioni e degli impianti di infiltrazione è opportuno considerare le portate di punta raggiunte per piogge di grande intensità e breve durata.

Il calcolo dell'afflusso delle acque piovane è generalmente fatto secondo:

$$Q = i \cdot \Psi \cdot F$$

dove:	Q	portata di dimensionamento [l/s]
	i	intensità di pioggia [l/s mq]
	Ψ	coefficiente di deflusso [-] –
	F	superficie determinante per le acque meteoriche (allacciata all'impianto) [mq]



5.3 Intensità di pioggia

5.3.1 Introduzione

La pioggia è l'elemento determinante per il dimensionamento degli impianti di smaltimento. A seconda della complessità del problema, per il calcolo si adottano:

- valori forfettari
- curve d'intensità
- modelli di piogge
- serie di piogge
- curve di piogge singole
- diagrammi per il calcolo dei volumi di ritenzione

Si ricorre a programmi di simulazione per il dimensionamento di grandi impianti di ritenzione e quando il rischio di danno, in caso di inondazione, è elevato. I programmi sono in grado di elaborare risultati sulla base di modelli di pioggia, di piogge singole e di serie di piogge.

5.3.2 Valori forfettari

La norma SN 592'000 adotta quale valore di dimensionamento un'intensità di pioggia (i) di $0.03 \text{ l/s} \cdot \text{mq}$.

Per il sud delle Alpi si consiglia un valore più alto, cioè $i = 450 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 0,045 \text{ l/s} \cdot \text{mq}$.

Questo valore forfettario è adottabile in situazioni semplici (p. es. singoli tetti o piazzali), purché le condizioni d'infiltrazione siano buone.

La norma prevede inoltre l'utilizzo di un fattore di sicurezza:

- 1.5 per costruzioni nelle quali infiltrazioni d'acqua potrebbero causare danni ingenti (centri commerciali, industrie, laboratori, ecc.);
- 2.0 per ospedali, musei, industrie chimiche, ecc.

5.3.3 Curve di intensità di pioggia TI (2002)

Le curve di pioggia utilizzate per il dimensionamento degli impianti di smaltimento delle acque fanno riferimento alla raccomandazione *Curve d'intensità di pioggia per il Cantone Ticino (SPAAS, 2002)*.

Le curve di intensità di pioggia presentano una curva caratteristica che indica la progressiva diminuzione dell'intensità media della pioggia in funzione della durata.

I parametri di dimensionamento, stabiliti nella suddetta pubblicazione e di seguito esposti, risultano da un'analisi statistica delle piogge misurate nell'arco di un ventennio.



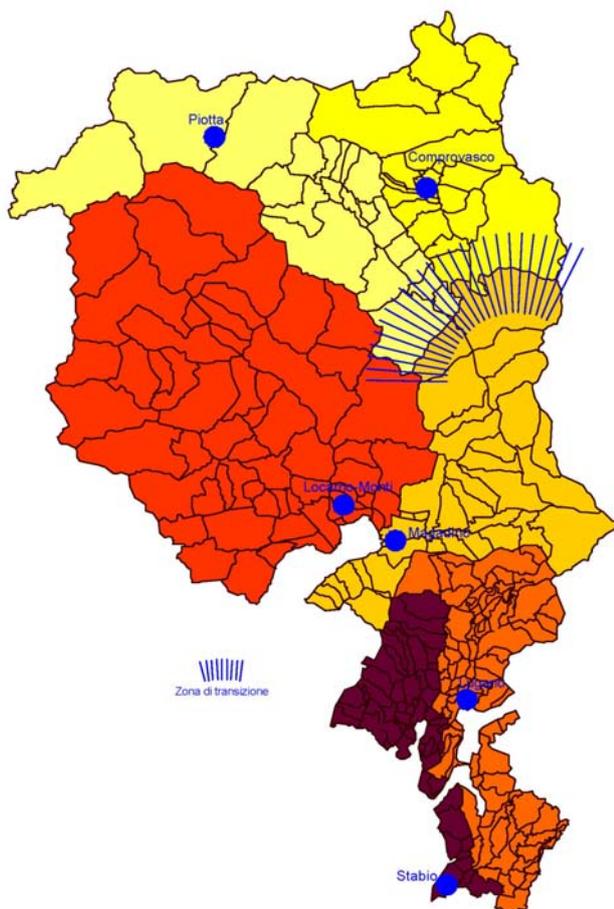
Tempo di ritorno (z)

Le curve sono state stabilite per differenti tempi di ritorno z (frequenza con cui statisticamente si verifica o viene superata una certa intensità).

La scelta del tempo di ritorno dipende dalla potenzialità del rischio, rispettivamente dalle necessità di protezione che si presentano di volta in volta. Per la progettazione delle canalizzazioni si opera generalmente con un tempo di ritorno z = 5 anni.

Per gli impianti d'infiltrazione e di ritenzione, a seconda della potenzialità del rischio, il tempo di ritorno può essere scelto più elevato che per il dimensionamento delle canalizzazioni. In ogni caso gli impianti devono essere progettati in modo tale che il trabocco avvenga in modo prevedibile e controllato.

È opportuno accrescere il grado di sicurezza per siti esposti come per esempio in depressioni topografiche e in luoghi in cui i temporali tendono a stazionare).



Formula per il calcolo dell'intensità (i) di pioggia:

$$i \text{ [l/s ha]} = 2.78 \cdot [T^n \cdot (\mu + \sigma \cdot \ln(z))]$$

dove:

z [anni]	periodo di ritorno
T [h]	durata della pioggia
n, μ , σ	parametri (vedi tabella sottostante)
$\ln(z)$	logaritmo naturale di z
2.78	conversione: 1 [mm/h] = 2.78 [l/s ha]

Stazione di riferimento	per 5 < T < 90 minuti		
	n	μ	σ
Comprovasco	-0.526	18.84	5.65
Locarno-Monti	-0.511	35.54	11.00
Lugano	-0.561	32.91	8.23
Magadino	-0.535	32.83	8.14
Piotta	-0.562	16.33	5.17
Stabio	-0.524	37.68	11.14

Stazione di riferimento	per 90 < T < 1440 minuti		
	n	μ	σ
Comprovasco	-0.508	17.55	3.98
Locarno-Monti	-0.683	38.61	12.90
Lugano	-0.756	36.43	9.72
Magadino	-0.622	33.85	8.86
Piotta	-0.32	13.75	2.83
Stabio	-0.834	43.32	12.51

Figura 25 e Tabella 8: regioni di riferimento per le curve di intensità di pioggia e relativi parametri.

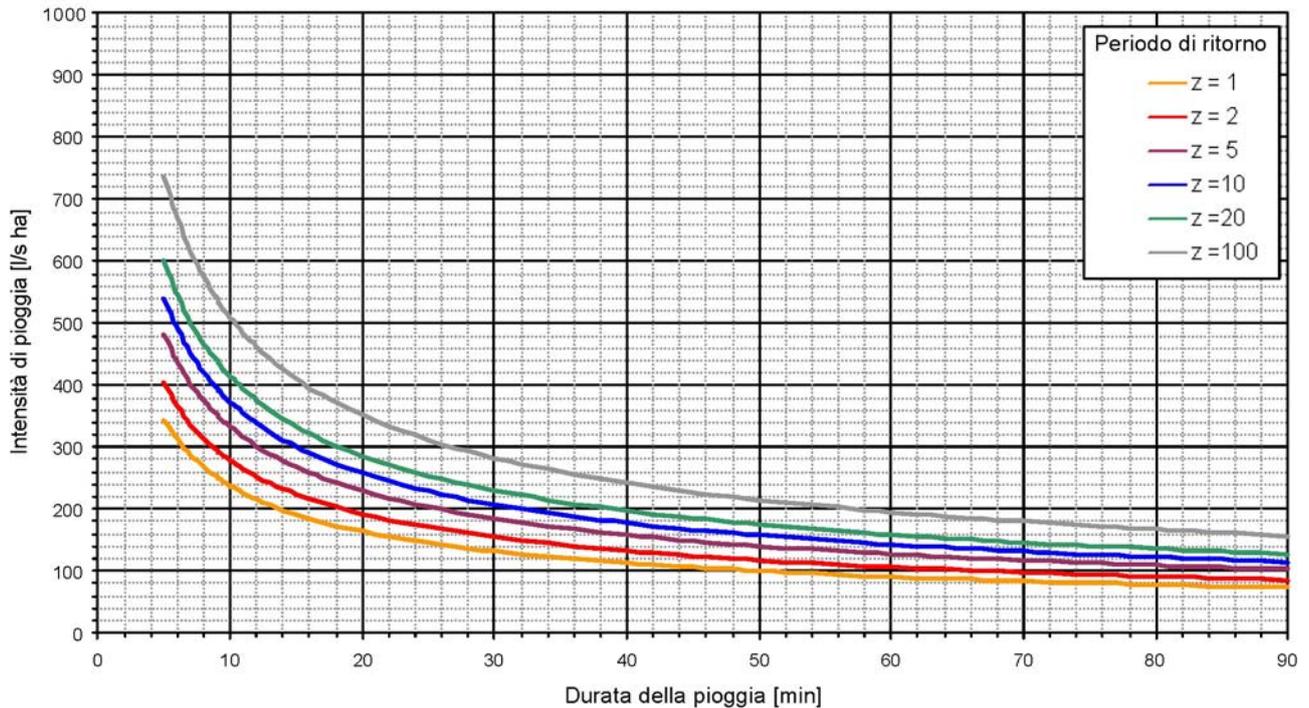


Figura 26: curve di intensità di pioggia della stazione di Magadino per una durata inferiore a 90 min.

5.4 Impianti di infiltrazione

5.4.1 Capacità d'infiltrazione di un impianto

Il potere di smaltimento di un impianto d'infiltrazione dipende dal coefficiente di permeabilità del terreno negli strati interessati, dalla pendenza idraulica e dall'ampiezza della **superficie attiva filtrante**, ossia della superficie attraverso la quale avviene l'infiltrazione.

La superficie attiva si compone del fondo e del mantello del corpo filtrante. Il mantello fa stato solo per la metà dell'altezza massima di accumulo.

La capacità d'infiltrazione di un impianto è data da:

$$Q_s = S_{\text{specif}} \cdot A_s$$

dove:

- Q_s capacità d'infiltrazione [m^3/s]
- S_{specif} capacità specifica d'infiltrazione [$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ s}$]
- A_s superficie filtrante attiva dell'impianto [m^2]

5.4.2 Fattore di sicurezza

Ritenute le possibili incertezze nel calcolo del coefficiente k , le diverse composizioni del terreno, le alterazioni dovute ad accumulo di materiale estraneo e al compattamento del suolo, come pure la probabile diminuzione della permeabilità in seguito all'insudiciamento della superficie filtrante (progressiva colmatatura dei pori, ossia diminuzione della capacità d'infiltrazione nel tempo), la possibilità che si susseguano più eventi piovosi, si consiglia di adottare un

fattore di sicurezza di 1.5 – 2.

Il sottosuolo dei bacini d'infiltrazione deve presentare una capacità specifica d'infiltrazione almeno pari a quella del suolo ($S > 2-3$ l/min mq). In caso contrario vi sarebbe ristagno d'acqua nel bacino. I bacini non dovrebbero rimanere sommersi per più di un giorno, per evitare la putrescenza dello strato umico.

5.5 Impianti di ritenzione

Nella progettazione di impianti d'infiltrazione e di ritenzione si pone il problema del volume di accumulo necessario: tutta l'acqua meteorica che non può infiltrare immediatamente nel terreno o il cui deflusso deve essere limitato, deve poter essere accumulata.

A differenza delle canalizzazioni, per il dimensionamento degli impianti di ritenzione e per i bacini d'infiltrazione possono essere determinanti eventi piovosi lunghi. È quindi indicato un dimensionamento con una serie di piogge (simulazione a lungo termine).

5.5.1 Dimensionamento in base alle curve d'intensità di pioggia e diagramma generali

Sulla base della curva di intensità di pioggia si costruisce la linea cumulativa della quantità d'acqua piovana, in funzione della durata e della superficie da evacuare. La differenza tra questa curva e la capacità di infiltrazione dell'impianto rappresenta il volume di ritenzione necessario (→ figura 27).

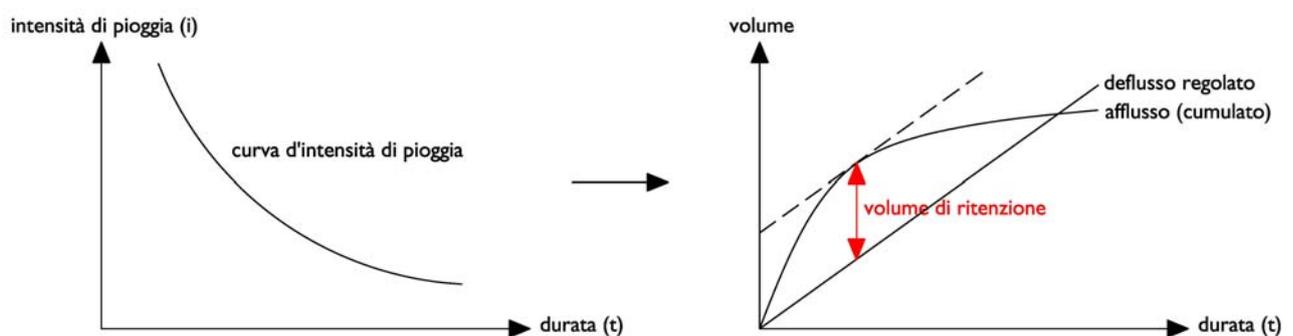


Figura 27: determinazione del volume di ritenzione mediante curve di intensità di pioggia.



I diagrammi generali di dimensionamento per piccoli impianti (→ figura 28) mettono in relazione, per un periodo di ritorno scelto, il deflusso specifico (regolato) con il volume specifico di ritenzione.

Questi diagrammi, che sono tratti dalla direttiva VSA *Smaltimento delle acque meteoriche*, si basano sulla norma SN 640 350 (ed. 2000) e possono essere utilizzati per casi relativamente semplici: piccole superfici, deflusso $> 5 \text{ l/s ha}_{\text{rid}}$, durata di pioggia $< 60 \text{ min}$.

5.5.2 Calcolo mediante modelli di simulazione numerici

Sul mercato esistono programmi di calcolo che risolvono l'equazione di bilancio¹ sulla base di modelli di piogge o su dati di piogge storiche. Questo tipo di calcolo è opportuno per grandi impianti di ritenzione.

¹ Volume di accumulo = Afflusso – Ritenzione (nel territorio) – Infiltrazione - Deflusso

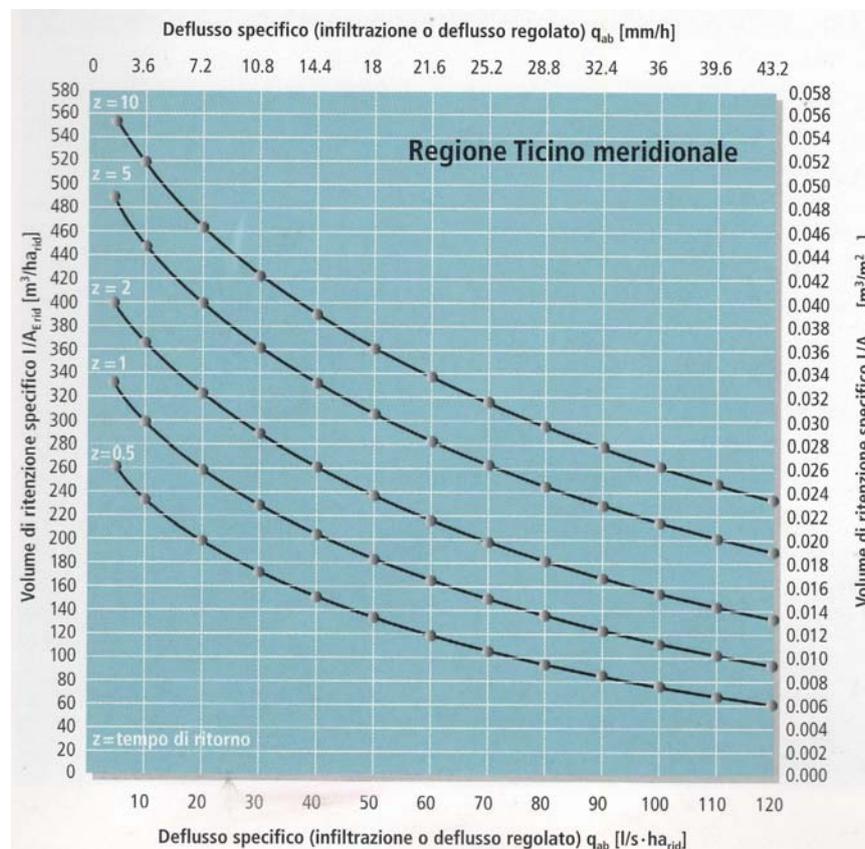
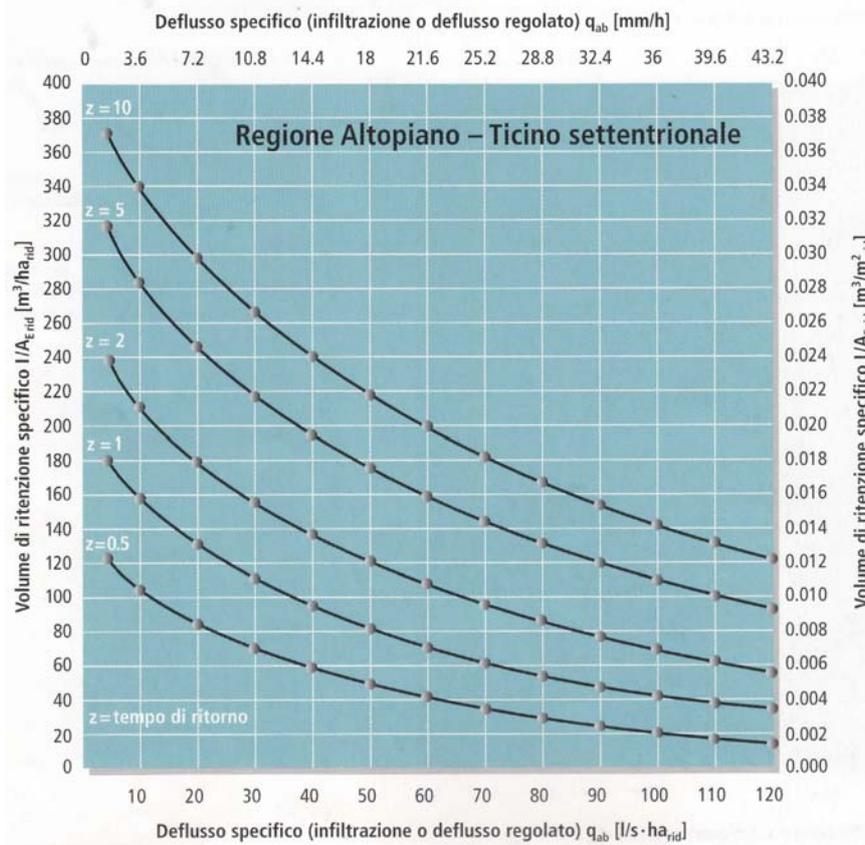


Figura 28: diagrammi generali di dimensionamento per piccoli impianti di infiltrazione.



5.6 Esempi di dimensionamento

Di seguito sono presentati alcuni esempi semplificati di dimensionamento. Nella pratica la scelta dei parametri va reiterata fino all'ottenimento della migliore soluzione, tenuto conto delle caratteristiche del terreno e della superficie a disposizione.

5.6.1 Esempio A: casa monofamiliare

Si prevede di immettere l'acqua meteorica del tetto in una depressione nel terreno (fossa d'infiltrazione).

- Capacità d'infiltrazione del terreno $S_{\text{spec}} = 4.5 \text{ l/min m}^2$
- Superficie del tetto $F = 200 \text{ m}^2$
- Coefficiente di deflusso $\Psi = 0.9$
 $\Rightarrow F_{\text{rid}} = 180 \text{ m}^2_{\text{rid}} = 0.018 \text{ ha}_{\text{rid}}$
- Tempo di ritorno $z = 5 \text{ anni}$
- Superficie della fossa (scelta) $A = 20 \text{ m}^2$
- Deflusso regolato: - massimo
- specifico $Q_{\text{ab}} = S_{\text{spec}} \cdot A = 1.5 \text{ l/s}$
 $q_{\text{ab}} = Q_{\text{ab}} / F_{\text{rid}} \approx 83 \text{ l/s ha}_{\text{rid}}$
- Volume di ritenzione: - specifico (v. figura 28)
- totale $A_{\text{E rid}} \approx 235 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{rid}}$
 $V_{\text{rit}} = A_{\text{E rid}} \cdot F_{\text{rid}} = 4.2 \text{ m}^3$
- Altezza di accumulo: = volume totale / superficie della fossa $= 4.2 \text{ m}^3 / 20 \text{ m}^2 = 21 \text{ cm}$

5.6.2 Esempio B: pozzo perdente

sottosuolo

- spessore degli strati di copertura naturali (poco permeabili) $M = 1.9 \text{ m}$
- composizione dello strato permeabile sabbia / ghiaia
- permeabilità dello strato filtrante $k_{\text{saturo}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- livello massimo della falda HHW = 6 m dalla superficie

strato filtrante

- composizione ghiaia
- spessore $m = 2.2 \text{ m}$
- permeabilità (valore empirico) $k = 10^{-3} \text{ m/s}$
- porosità $n = 0.2$
- capacità d'infiltrazione specifica (da prova di permeabilità) $S_{\text{spec}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s}$



parametri scelti

- profondità totale $t = 4.5 \text{ m}$
- raggio dello scavo $r_1 = 0.62 \text{ m}$
 $r_2 = 1.5 \text{ m}$
- altezza di accumulo $h = 3.0 \text{ m}$

parametri risultanti

- volume d'accumulo specifico $V = V_1 + V_2 = 4.1 \text{ m}^3$
dove $V_1 =$ volume del pozzo (parte superiore) $= \pi \cdot r_1^2 \cdot (h-m) = 1.0 \text{ m}^3$
 $V_2 =$ volume dello strato filtrante $= \pi \cdot r_2^2 \cdot m \cdot n = 3.1 \text{ m}^3$
- superficie permeabile: $A_s = A_1 + A_2 = 13.5 \text{ m}^2$
dove $A_1 =$ superficie fondo $\approx \pi \cdot r_1^2 = 1.2 \text{ m}^2$
 $A_2 =$ superficie pareti* $\approx 2\pi \cdot r_2 \cdot (t-M)/2 = 12.3 \text{ m}^2$
*si considera un'altezza pari alla metà dell'altezza utile filtrante, ritenuto $h > t - M$
- capacità d'infiltrazione dell'impianto: $S_{\text{spec}} \cdot A_s = 2.7 \text{ l/s}$

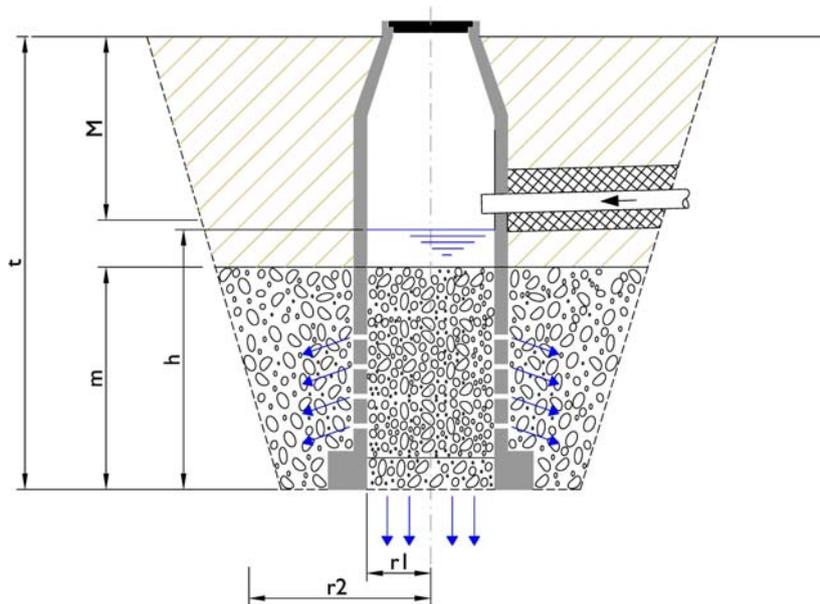


Figura 29: schema di pozzo perdente e relativi parametri di dimensionamento.

5.6.3 Esempio C: bacino d'infiltrazione

sottosuolo

- spessore degli strati di copertura naturali (poco permeabili)
- composizione dello strato permeabile
- permeabilità dello strato filtrante

$M = 0.5 \text{ m}$
ghiaia sabbiosa
 $k_{\text{saturo}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

strato filtrante

- capacità d'infiltrazione specifica (da prova di permabilità)

$$S_{\text{spec}} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s}$$

parametri scelti:

- lunghezza
- larghezza
- profondità
- altezza massima di accumulo

$l = 5.0 \text{ m}$
 $b = 2.0 \text{ m}$
 $t = 1.0 \text{ m}$
 $h = 0.7 \text{ m}$

parametri risultanti:

- volume di accumulo
- superficie permeabile: fondo: $l \cdot b = A_1 = 10.0 \text{ m}^2$
pareti*: $2(l + b) \cdot (t - M)/2 = A_2 = 3.5 \text{ m}^2$
*si considera un'altezza pari alla metà dell'altezza utile filtrante, ritenuto $h > t - M$.
- capacità d'infiltrazione dell'impianto:

$V = l \cdot b \cdot h = 7.0 \text{ m}^3$
 $A_s = A_1 + A_2 = 13.5 \text{ m}^2$
 $S_{\text{spec}} \cdot A_s = 2.0 \text{ l/s}$

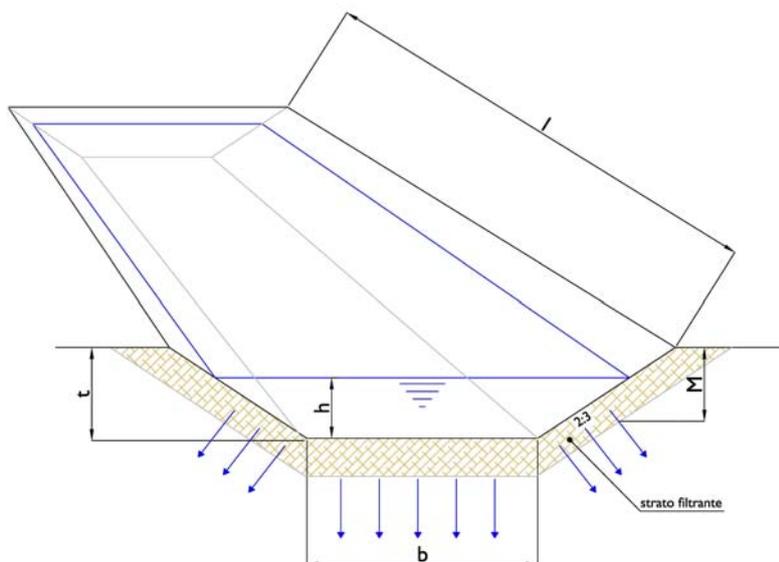


Figura 30: schema bacino d'infiltrazione.



6. Esercizio

L'esercizio degli impianti di infiltrazione e ritenzione deve essere accompagnato da regolari controlli (sorveglianza) e manutenzione allo scopo **di garantire un corretto funzionamento dell'impianto nel tempo.**

La costruzione e l'esercizio degli impianti sono di responsabilità del proprietario, mentre i Comuni vigilano sulla manutenzione degli impianti privati. L'esecuzione dei controlli e della manutenzione ordinaria può essere affidata a specialisti del ramo.

Gli impianti devono sempre essere accessibili (tutto l'anno).

Il principale aspetto da considerare è il **rischio di colmatare dell'impianto** (riempimento progressivo dei pori da particelle organiche inorganiche).

Il maggiore rischio di colmatare si riscontra nella fase iniziale dopo la messa in esercizio di un impianto. Di conseguenza è richiesta una manutenzione particolarmente intensa in questo periodo.

Un bacino d'infiltrazione può essere messo in esercizio solo dopo che la vegetazione è già cresciuta, in nessun caso durante la costruzione (rischio di colmatare e inquinamento).

Per gli impianti di ritenzione occorre prevedere la pulizia degli organi di regolazione, il lavaggio dei canali di accumulo e la rimozione della vegetazione eccedente e dei materiali galleggianti.

Le sponde erbose vanno falciate almeno una volta l'anno con mezzi adeguati. Dopo un temporale occorre verificare l'efficienza dell'infiltrazione. Se necessario si deve smuovere il terreno in superficie. Il materiale di falcio delle superfici filtranti non può essere utilizzato quale foraggio né dovrebbe essere lasciato sul posto, ma va convogliato all'impianto di termodistruzione dei rifiuti.

È escluso l'utilizzo di prodotti fitosanitari per il trattamento delle superfici filtranti.



Figura 31: bacino di ritenzione e infiltrazione dove è stato utilizzato un mezzo non idoneo (costipamento).



Condotte: eventuali depositi vanno asportati tramite lavaggio ad alta pressione.

I raccoglitori fanghi vanno vuotati almeno una volta l'anno. Il materiale asportato va consegnato per lo smaltimento ad una ditta specializzata. Lo stesso non può essere immesso in canalizzazione, in un ricettore né sparso su terreni. La predepurazione è particolarmente importante per un corpo di ghiaia in quanto non può essere spurgato.

Le viti dei chiusini dei **pozzetti d'ispezione** devono esser controllate ed ingrassate (con grasso idrorepellente) almeno una volta l'anno. Le canalette vanno controllate e pulite.

Prelievo di campioni:

- per gli impianti di trattamento è opportuno procedere a regolari prelievi di campioni dello strato superiore del suolo e analisi del tenore i metalli pesanti e altre sostanze. Per gli impianti che ricevono acqua molto inquinata il controllo del suolo va eseguito ogni 10 anni;
- per i bacini di ritenzione filtranti il prelievo di campioni d'acqua va fatto in uscita dalla condotta di drenaggio;
- per impianti sotterranei il prelievo di campioni va fatto nello strato filtrante.

In caso di inquinamento dell'impianto di infiltrazione da liquidi nocivi, a seguito di un incidente, occorre di principio asportare gli strati contaminati.

Prima della **demolizione** occorre esaminare l'inquinamento esistente (con il tempo un impianto di infiltrazione accumula metalli pesanti, particelle di fuliggine e sostanze organiche), classificare i materiali da eliminare e indirizzarli alla corretta via di smaltimento conformemente alla legislazione in materia di rifiuti (OTR).