

DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE
Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale

OGGETTO

Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale.
Approvazione.

Responsabile Procedimento L.241/1990 : *Antonella De Martino - Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale*

IL DIRETTORE (Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale)

VISTO

- ✓ Gli articoli 107, 153 c. 5, 183 e 191 del D. Lgs. 18/8/2000 n. 267;
- ✓ Lo Statuto del Comune di Milano;
- ✓ la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, recepita in Italia attraverso il D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006, ad oggetto: "Norme in materia ambientale";
- ✓ la Direttiva 2008/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2008, relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, recepita in Italia con D.Lgs. n. 219 del 10 dicembre 2010.
- ✓ il D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, ad oggetto: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, in particolare l'art. 3, comma 1, lettere d), e) ed f)";
- ✓ la Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, ad oggetto: "Legge per il governo del territorio e s.m.i."
- ✓ il Regolamento Regionale, 24 marzo 2006, n. 4, ad oggetto "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26".
- ✓ la Legge Regionale 15 marzo 2016, n. 4, ad oggetto: "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua"
- ✓ il Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e s.m.i., ad oggetto: "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)
- ✓ la Legge Regionale 26 novembre 2019, n. 18, ad oggetto: "Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente. Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)"
- ✓ il Piano di Governo del Territorio (PGT) comunale, comprendente il nuovo Documento di Piano, la variante del Piano dei Servizi, comprensivo del Piano per le Attrezzature Religiose e la variante del Piano delle Regole, corredato del Rapporto Ambientale, della Sintesi non tecnica, della Dichiarazione di Sintesi e del Parere Motivato relativo alla compatibilità ambientale, adottato dal Consiglio comunale in data 05/03/2019; divenuto efficace in data 05/02/2020 a seguito della pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva del Piano sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 6
- ✓ il "Documento Semplificato del Rischio Idraulico" (DSRI), di cui all'Allegato 8 del PGT

- ✓ l'art. 74 del Regolamento Edilizio del comune di Milano

PRESUPPOSTO

- la Commissione europea, al fine di favorire un uso più sostenibile del terreno e del suolo:
 - nel 2006, attraverso l'enunciazione di una strategia tematica, ha sottolineato la necessità di porre in essere buone pratiche per mitigare gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione sulle funzioni del suolo;
 - nel 2011, attraverso la pubblicazione di una tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, si è proposta che, entro il 2020, la politica comunitaria tenga in debito conto di ogni conseguenza dell'uso del suolo e che, entro il 2050, l'incremento del consumo del suolo sia pari a zero;
- la Regione Lombardia con la Legge Regionale n. 31 del 28 novembre 2014 ha introdotto nel governo del territorio nuove disposizioni mirate a limitare il consumo di suolo e a favorire la rigenerazione delle aree già urbanizzate;
- la Regione Lombardia con la Legge Regionale n. 4 del 2016 ha introdotto il principio di invarianza idraulica e il concetto di gestione sostenibile dei deflussi meteorici e con il r.r. n. 7 del 23 novembre 2017 ha introdotto criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio);
- il Comune di Milano ha fra i suoi obiettivi strategici, declinati nel proprio PGT, quelli di una città resiliente e sostenibile, attraverso la riduzione significativa, entro il 2030, del consumo di suolo, anche attraverso la valorizzazione delle proprie infrastrutture "verdi e blu", aumentando, così, la propria resilienza di fronte ai cambiamenti climatici che impattano sull'ecosistema urbano;

PREMESSO CHE:

- la gestione integrata qualitativa e quantitativa delle acque reflue è sempre più al centro delle politiche ambientali, sia a livello nazionale che internazionale;
- negli ultimi anni le reti di drenaggio urbano stanno mostrando crescenti problemi di sovraccarico conseguenti al verificarsi sempre più frequentemente di eventi meteorici intensi che mettono a rischio l'incolumità delle persone oltre a causare ingenti danni alle infrastrutture;
- le cause principali dell'incremento così rilevante delle portate e dei volumi di deflusso in ambito urbano sono da ricondurre a due fattori principali:
- l'aumento dell'intensità di precipitazione durante i giorni piovosi dell'anno principalmente dovuto ai fenomeni di cambiamento climatico;
- l'aumento considerevole dell'impermeabilizzazione del suolo dovuto all'urbanizzazione ed alle infrastrutture;
- l'aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli oltre a rendere sempre più difficoltosa la gestione delle acque meteoriche riduce drasticamente il fenomeno dell'evaporazione e della ricarica delle falde;
- il Comune di Milano:
- è stato inserito, dal RR 7/2017 e s.m.i., fra i comuni ad alta criticità idraulica;
- ha redatto, in ottemperanza dei disposti regionali, il "*Documento Semplificato del Rischio Idraulico*" (DSRI);

CONSIDERATO CHE:

- il Documento Semplificato del Rischio Idraulico determina, in via preliminare, le condizioni di pericolosità idraulica presenti sul territorio individuando le situazioni di rischio e definendo le misure di mitigazione strutturali e non strutturali da mettere in atto. Il documento contiene:
 - a. la descrizione dello stato attuale delle condizioni di pericolosità idraulica sul territorio comunale, intese

come aree potenzialmente soggette ad allagamento a causa di eventi idrologici intensi con riferimento ai corsi d'acqua principali, al reticolo idrografico minore e alle caratteristiche funzionali della rete di fognatura mista o bianca esistente;

- b. l'indicazione degli interventi strutturali da realizzare nelle aree soggette ad allagamento e degli interventi non strutturali da prevedere a scala comunale;
- gli interventi di invarianza idraulica previsti dal r.r. 7/2017 dovranno integrarsi con una più ampia serie di interventi strutturali e non strutturali individuati nel DSRI, per i quali quest'ultimo documento non fornisce particolari ingegneristici e costruttivi;
- il Comune di Milano, proprio per la sua conformazione territoriale, urbanistica, idrogeologica e infrastrutturale, rappresenta un unicum, non riscontrabile nel più vasto territorio regionale, necessita di specifiche indicazioni, attraverso Linee Guida che possano indirizzare le scelte progettuali degli interventi di invarianza idraulica, adeguandole al contesto proprio della città.
- tali Linee Guida:
 - saranno uno strumento operativo per la progettazione delle infrastrutture dedicate al drenaggio urbano delle acque meteoriche proponendo un approccio di controllo e gestione sostenibile dei deflussi in ambito urbano;
 - descriveranno le caratteristiche tecniche delle principali soluzioni per un drenaggio sostenibile delle acque pluviali anche attraverso l'utilizzo di Nature Based Solutions (NBS);
 - forniranno indicazioni sulle attività di progettazione e manutenzione da attuare per il mantenimento della loro efficienza;
 - guideranno i progettisti nella scelta delle migliori soluzioni da adottare in reazione a criteri di tipo urbanistico, idro-geomorfologico ed ambientale strettamente correlati alle specificità del territorio comunale; e pertanto esse avranno come principali destinatari i tecnici che dovranno affrontare, nel contesto della città di Milano, la progettazione dei sistemi di invarianza idraulica previsti dal r.r.7/2017 ed, in generale, le problematiche legate alla mitigazione dei deflussi di piena e del sovraccarico delle reti di drenaggio, che si verificano sempre più frequentemente in conseguenza di eventi meteorici di forte intensità e breve durata.

VISTO il documento ad oggetto: *“Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale”*, allegato al presente provvedimento per farne parte integrante e sostanziale (All. 1)

Atteso che il presente provvedimento non comporta spesa,

DETERMINA

1. di approvare, quale allegato parte integrante del presente provvedimento, il documento ad oggetto *“Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale”* (All. 1);
2. di dare massima diffusione allo stesso, anche attraverso i canali informatici comunali.

IL DIRETTORE (Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale)
Angelo Pascale (Dirigente Adottante)



Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale

Comune di Milano
Direzione Transizione Ambientale
Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale



Comune di
Milano



DIREZIONE TRANSIZIONE AMBIENTALE

Filippo Salucci

Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale

Angelo Pascale

Christine Ballarin

Antonella De Martino

Marina De Matteis

In collaborazione con



Dicembre 2020

Sommario

1	Premessa	5
2	La salvaguardia idraulica del territorio urbano	6
2.1	La gestione sostenibile delle acque meteoriche	10
2.2	Glossario	14
3	Inquadramento normativo	16
3.1	Politiche comunitarie e nazionali	17
3.2	Normativa regionale	17
3.2.1	R.R. 7 /2017 s.m.i. e il principio di invarianza idraulico-idrologica.....	17
3.2.2	L.R. 4/2006 e lo smaltimento delle acque di prima pioggia	20
3.2.3	L.R. 31/2014 e la limitazione del consumo di suolo	20
3.3	Sostenibilità ambientale del Comune di Milano	21
3.3.1	Sostenibilità ambientale e resilienza urbana - PGT PdR Art.10.....	21
3.3.2	Infrastrutture verdi e blu e della Rete Ecologica Comunale - PGT P.d.S. Art.10	22
3.3.3	Documento Semplificato del Rischio Idraulico (Allegato 8 al PGT del Comune di Milano).....	23
3.3.4	Superficie Filtrante e salvaguardia del suolo non edificato nel Regolamento Edilizio (art.76 R.E.) e nel PGT vigente.....	24
4	Progetti di invarianza idraulico-idrologica.....	26
4.1	Interventi a cui applicare il r.r. 7/2017	26
4.2	Modalità di Presentazione delle domande ed lter amministrativo.....	27
4.3	Contenuti dei progetti	30
4.3.1	Classe di intervento 1	31
4.3.2	Classe di intervento 0	32
4.4	Metodologia di calcolo	32
4.4.1	Tempi di ritorno	32
4.4.2	Calcolo della precipitazione di progetto.....	32
4.4.3	Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_{mp}	34
4.4.4	Calcolo del volume d'invaso	34
4.4.5	Capacità di infiltrazione	36
4.4.6	Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione	37
4.4.7	Dimensionamento del sistema di scarico terminale nel ricettore	38
4.5	Piani di manutenzione	38
4.6	Computo metrico estimativo.....	40
4.7	Fase Realizzativa e Gestione Successiva. Indicazioni di massima per le infrastrutture comunali... 40	
5	Caratteristiche dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile	41
5.1	Funzione idraulica.....	41

5.2	Controllo dei contaminanti.....	43
6	Schede tipologiche dei sistemi SuDS	44
6.1	Cisterne.....	45
6.1.1	Cisterne superficiali	46
6.1.2	Cisterne sotterranee.....	48
6.1.3	Cisterne per un uso alternativo delle acque pluviali	49
6.2	Superfici permeabili.....	52
6.2.1	Dimensionamento	56
6.2.2	Indicazioni costruttive	57
6.2.3	Manutenzione.....	58
6.3	Pozzi perdenti o d’infiltrazione.....	60
6.3.1	Dimensionamento	61
6.3.2	Indicazioni costruttive	62
6.3.3	Manutenzione.....	62
6.4	Trincee drenanti e canali vegetati	63
6.4.1	Dimensionamento	64
6.4.2	Indicazioni costruttive	65
6.4.3	Manutenzione.....	65
6.5	Sistemi modulari geocellulari	66
6.5.1	Dimensionamento	67
6.5.2	Indicazioni costruttive	68
6.5.3	Manutenzione.....	69
6.6	Bacini di infiltrazione e bioritenzione	70
6.6.1	Dimensionamento	71
6.6.2	Indicazioni costruttive	71
6.6.3	Manutenzione.....	72
6.7	Aree di detenzione: parchi inondabili e piazze della pioggia	73
6.7.1	Grandi parchi con zone inondabili.....	73
6.7.2	Piazze parzialmente inondabili	76
6.8	Opere di laminazione sotterranee: vasche volano e big pipe	79
6.8.1	Indicazioni costruttive	81
6.8.2	Opere di scarico e manufatti di controllo.....	82
6.9	Coperture verdi	85
6.9.1	Dimensionamento	86
6.9.2	Indicazioni costruttive	87
6.9.3	Manutenzione.....	88

6.10	Sintesi delle caratteristiche tecniche dei SuDS.....	89
7	Criteri di scelta dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile.....	90
7.1	Contesto urbanistico	91
7.1.1	Strade e parcheggi	91
7.1.2	Linee metropolitane	93
7.1.3	Strutture interrato	93
7.1.4	Aree pedonali, marciapiedi e piste ciclabili	93
7.1.5	Linee tranviarie e metrotranvie.....	94
7.1.6	Aree verdi	94
7.1.7	Interventi edilizi privati.....	95
7.2	Contesto idrogeomorfologico	97
7.2.1	Aspetti idrogeologici.....	98
7.2.2	Vicinanza ad un corpo idrico recettore	100
7.2.3	Morfologia del territorio.....	100
7.2.4	Vicinanza alle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile.....	101
7.2.5	Ubicazione in area soggette ad allagamento	101
7.2.6	Presenza di infrastrutture.....	101
7.2.7	Contesto paesaggistico e naturale.	101
7.3	Costi e manutenzione	102
8	Casi studio del Comune di Milano	104
9	Riferimenti bibliografici	105

TAVOLE DEI TIPOLOGICI DI PROGETTO DI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA:

- T01 - Pozzi perdenti – Planimetria
- T02 - Pozzi perdenti - Particolari costruttivi
- T03 - Sistemi modulari geocellulari - Planimetria
- T04 - Sistemi modulari geocellulari - Particolari costruttivi
- T05 - Bacino di infiltrazione – Planimetria
- T06 - Bacino di infiltrazione - Particolari costruttivi
- T07 - Big pipe – Planimetria
- T08 - Big pipe - Particolari costruttivi
- T09 - Impianto dissabbiatore-disoleatore
- T10 - Allacciamento caditoie stradali

1 PREMESSA

Il presente documento vuole essere una guida per la progettazione di infrastrutture dedicate al drenaggio urbano delle acque meteoriche proponendo un approccio di controllo e gestione sostenibile dei deflussi in ambito urbano attraverso metodi innovativi che stanno emergendo con sempre maggiore chiarezza a livello internazionale.

Il manuale descrive le caratteristiche delle principali soluzioni tecniche applicabili, ponendo particolare attenzione ai sistemi di drenaggio sostenibile (nella letteratura anglosassone SuDS – Sustainable Urban Drainage Systems), fornendo indicazioni progettuali e costruttive nonché indicazioni sulle attività di manutenzione da svolgere per il mantenimento della loro efficienza. Inoltre fornisce un inquadramento applicativo per la corretta implementazione nel territorio del Comune di Milano.

Le opere qui proposte hanno lo scopo di perseguire gli obiettivi dettati dalle politiche e normative attualmente vigenti a livello europeo, nazionale e regionale, compreso il Regolamento Regionale n. 7 del 27.11.2017 e s.m.i., introdotto in Regione Lombardia in attuazione della legge n° 4 del 15.03.2016, che definisce i criteri per la valutazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica-idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e per il dimensionamento delle opere di mitigazione.

Con riferimento al suddetto regolamento, il manuale descrive le principali tipologie di sistemi di drenaggio urbano sostenibile utilizzabili per la riduzione dei deflussi delle acque meteoriche e il rispetto dei limiti allo scarico, indicando le caratteristiche tecnico-costruttive richieste dal gestore del Servizio Idrico Integrato riportate nelle Tavole allegate al documento.

I destinatari sono i tecnici che devono affrontare, nel contesto della città di Milano, il problema della mitigazione dei deflussi di piena e del sovraccarico delle reti di drenaggio, che si verificano sempre più frequentemente in conseguenza di eventi meteorici di forte intensità e breve durata.

Per quanto concerne gli aspetti di dettaglio della progettazione e della realizzazione delle opere di mitigazione e dei SuDS, il manuale è sicuramente non esaustivo, tuttavia, vuole essere una guida da seguire per la scelta del tipo di sistema da adottare in relazione al contesto urbano e paesaggistico in cui andrà ad inserirsi ed essere di suggerimento e spunto per una progettazione commisurata alla città di Milano. Al fine di supportare i progettisti in questa scelta è stato predisposto un apposito [Mapping Tool](#) nel Geoportale del Comune di Milano contenente gli strati informativi del PGT 2030, approvato con Delibera n. 34 Seduta Consiliare del 14/10/2019, in particolare quelli relativi alla Componente Geologica Idrogeologica Sismica, ed altre informazioni utili alla progettazione.

Queste Linee Guida nascono nell'ambito della definizione della gestione dei suddetti sistemi dalla collaborazione tra la Direzione Transizione Ambientale e il Gestore del Servizio Idrico Integrato della città di Milano (MM S.p.A.).

2 LA SALVAGUARDIA IDRAULICA DEL TERRITORIO URBANO

Negli ultimi anni le reti di drenaggio urbano stanno mostrando crescenti problemi di sovraccarico conseguenti al verificarsi sempre più frequentemente di eventi meteorici intensi mettendo a rischio l'incolumità delle persone e causando ingenti danni alle infrastrutture e perdite sotto i profili sociale, ambientale ed economico. Situazioni di questo tipo si presentano in diverse aree del mondo, in particolare in quelle di più antico insediamento dove le reti di drenaggio delle acque meteoriche sono state progettate per esigenze differenti da quelli richiesti dalle successive evoluzioni dell'uso del suolo e in particolare dello sviluppo urbanistico.

Anche il territorio del comune di Milano, si trova oggi a dover gestire allagamenti sempre più frequenti ed intensi causati sia dalle esondazioni dei corsi d'acqua che lo attraversano, in particolar modo i torrenti Pudiga, Garbogera e Seveso, sia dai nubifragi, ovvero le cosiddette "bombe d'acqua". Il seguente grafico mostra l'aumento del numero di alluvioni per anno del Torrente Seveso a partire dal 1875. Il grafico mostra non solo un aumento in valore assoluto ma anche un aumento della frequenza degli eventi.

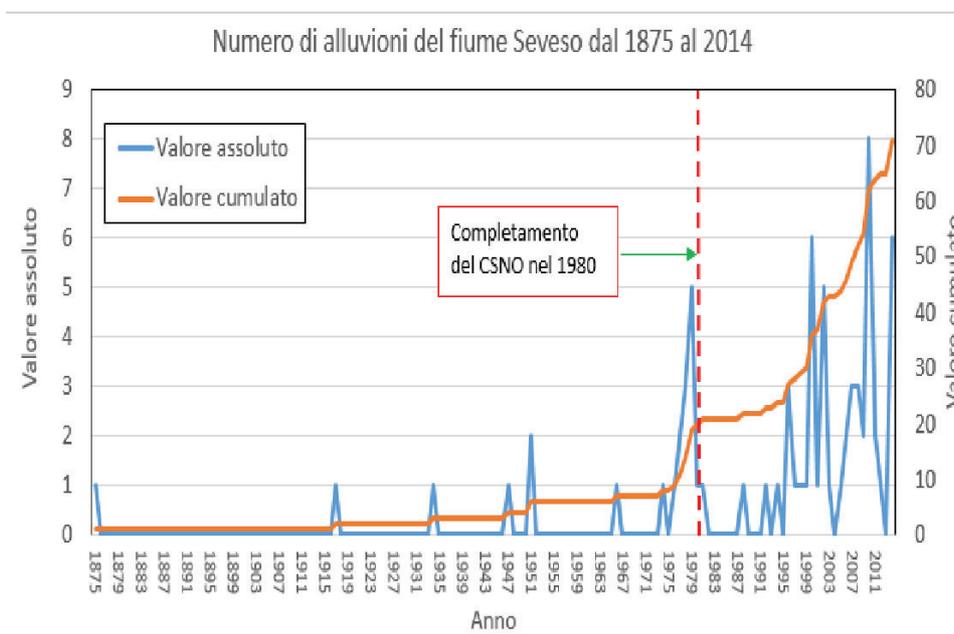


Figura 2-1: N. di alluvioni del Seveso dal 1875 al 2014 (Prof. Becciu, 2017)

Le cause principali dell'incremento così rilevante delle portate e dei volumi di deflusso in ambito urbano possono ricercarsi in due fattori principali:

- ✓ l'aumento dell'intensità di precipitazione durante i giorni piovosi dell'anno principalmente dovuto ai fenomeni di cambiamento climatico;
- ✓ l'aumento considerevole dell'impermeabilizzazione del suolo dovuto all'urbanizzazione ed alle infrastrutture.

Una variazione del clima globale come quella della crisi climatica in atto negli ultimi decenni produce inevitabilmente conseguenze anche su quello regionale. Calcolando l'aumento tendenziale di temperatura a partire dal 1970 si ottiene un aumento di circa 1,7°C a secolo come media globale, mentre per l'Italia questo valore sale a quasi 4 °C.

Dallo studio condotto della Fondazione Osservatorio Meteorologico Milano Duomo nell'ambito del Progetto ClimaMI, sulla serie storica di temperature di Milano (in particolare dal 1850 ad oggi) emerge una evoluzione del clima urbano ancor più rapido rispetto a quella globale: a partire dal 1980, e con una tendenza via via

sempre più accentuata, la temperatura media è aumentata di quasi mezzo grado a decennio. Utilizzando in particolare la serie storica delle misure urbane di Milano lo stesso valore sale a ben 5,6 °C per secolo. Nel grafico di Figura 2-2 è inequivocabile la tendenza all'aumento al di là di ogni normale variabilità meteorologica interannuale (l'oscillazione dei valori medi di temperatura, in blu, al di sopra e al di sotto della media climatica, in verde).

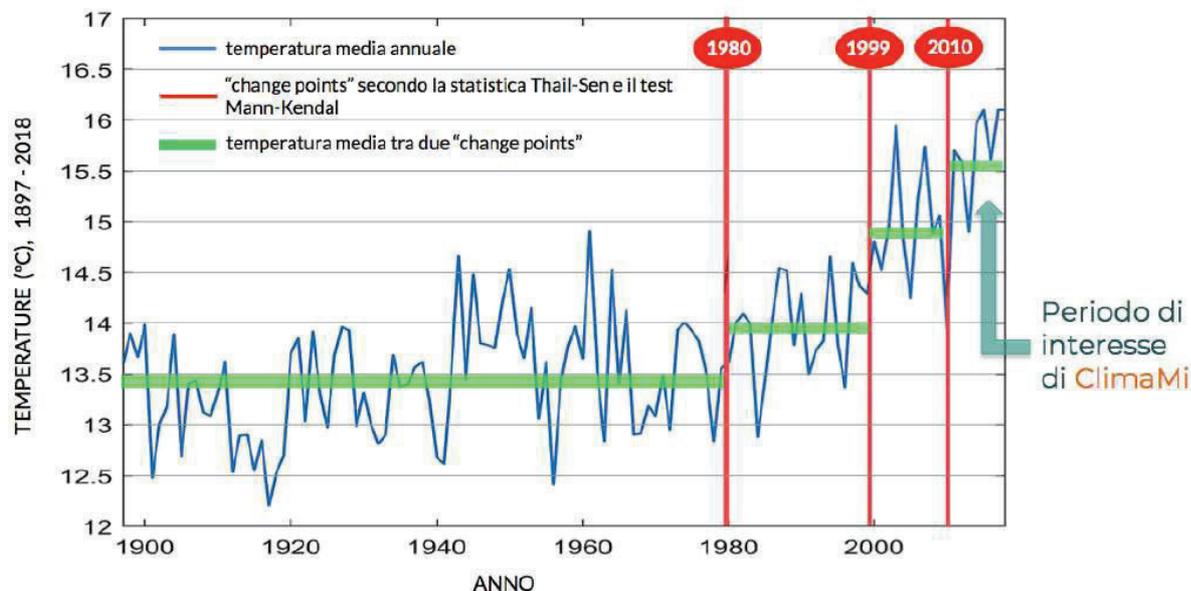


Figura 2-2: Temperatura media annuale in Milano Centro dal 1897 al 2018 (Milano Brera fino agli anni '80, Milano Duomo successivamente) – Progetto ClimaMI

L'analisi statistica dei dati di precipitazione a 10 minuti nella stazione di Milano Centro dal 1998 al 2018 ha restituito il seguente quadro della situazione:

- costanza delle precipitazioni in termini di quantitativi caduti a livello annuo;
- variazione significativa nella distribuzione mensile delle precipitazioni;
- riduzione del numero annuo di giorni di pioggia (≥ 1 mm), al tasso di 1 giorno in meno ogni 4 anni;
- incremento dell'intensità di pioggia, al tasso di circa +1 mm/h ogni 6 anni;
- incrementi nelle durate dei fenomeni di precipitazione (quando piove, piove più a lungo);
- incremento degli intervalli di tempo fra due eventi consecutivi.

Per quanto riguarda l'impermeabilizzazione, negli ultimi 20 anni, l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata in media del 20%, mentre in Italia la situazione è molto diversificata da regione a regione. È particolarmente emblematico il caso della Lombardia in cui tra il 1954 e il 2015 vi è stato un aumento di oltre il 200% delle superfici urbanizzate. Questo incremento, oltre a generare un rilevante aumento dei volumi di deflusso e delle relative portate al picco, complice anche la diminuzione dei tempi di corrivazione, porta con sé ulteriori problematiche. Il restringimento, o addirittura la tombinatura, delle sezioni dei corsi d'acqua che attraversano le città e che fungono da recettori finali, riduce la capacità di trasporto e di invaso, oltre che ridurre la capacità di autodepurazione e la qualità ambientale. Con l'impermeabilizzazione del suolo, aumenta fortemente l'aliquota del deflusso superficiale, a spese dell'evaporazione e della ricarica delle falde come mostrato in Figura 2-5.

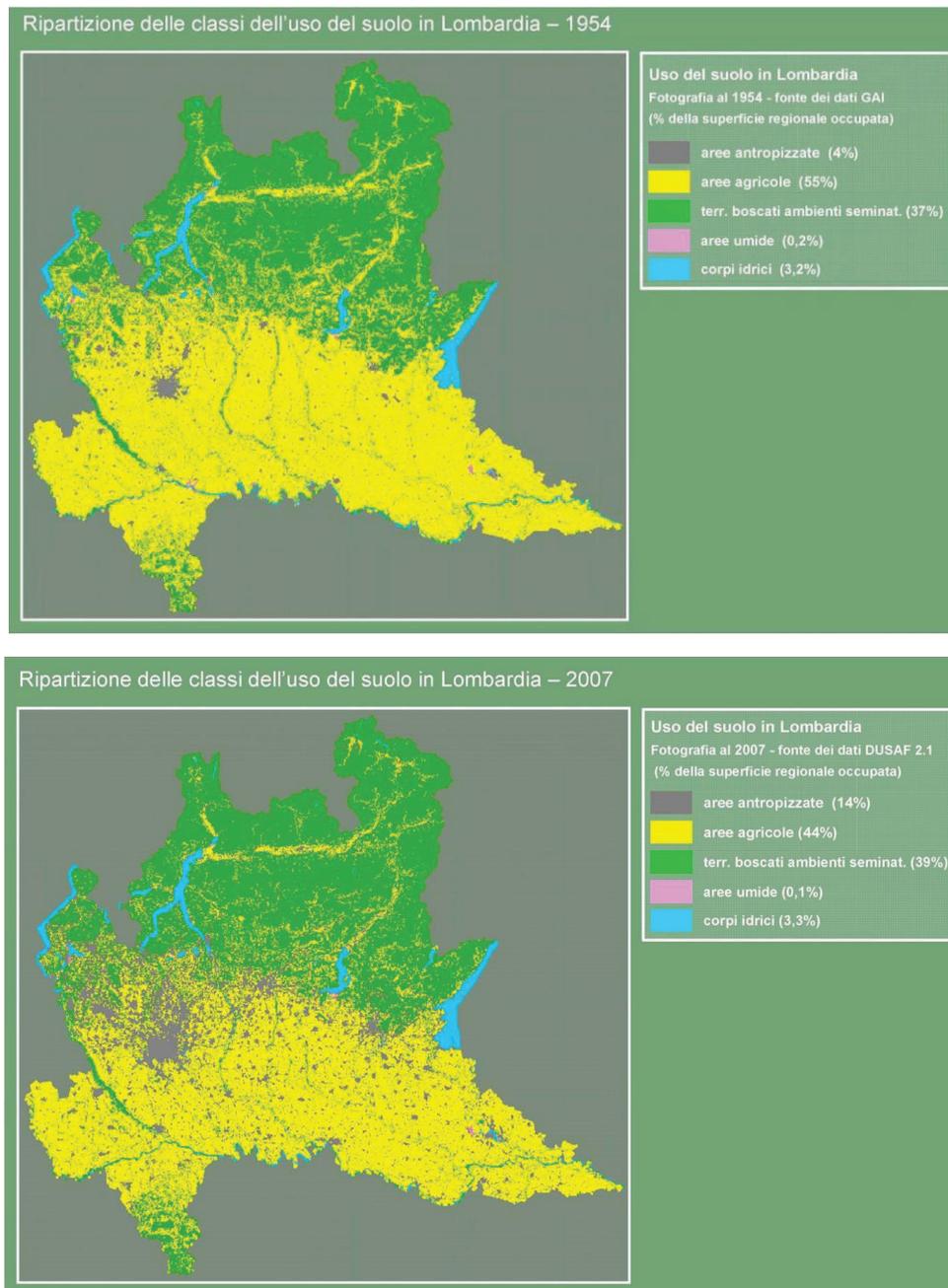


Figura 2-3: Confronto tra le principali categorie di uso del suolo (agricolo, boschivo e urbanizzato) tra l'anno 1954 (a) e il 2007 (b). Fonte dati: DUSAF - Geoportale Regione Lombardia.

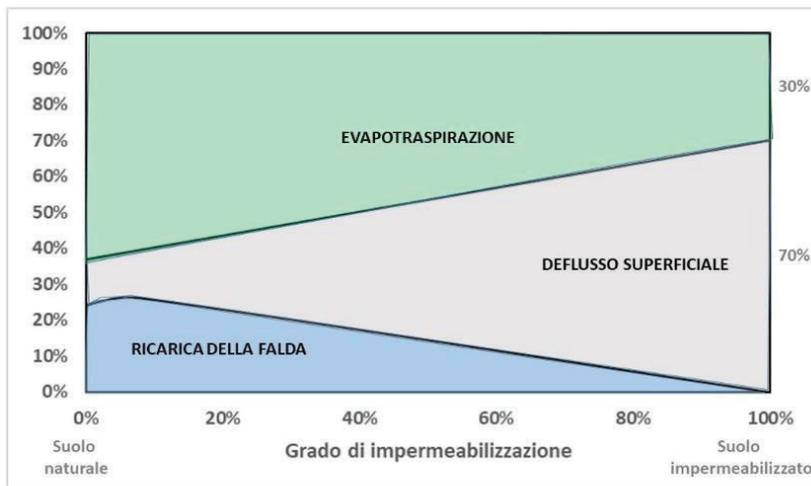
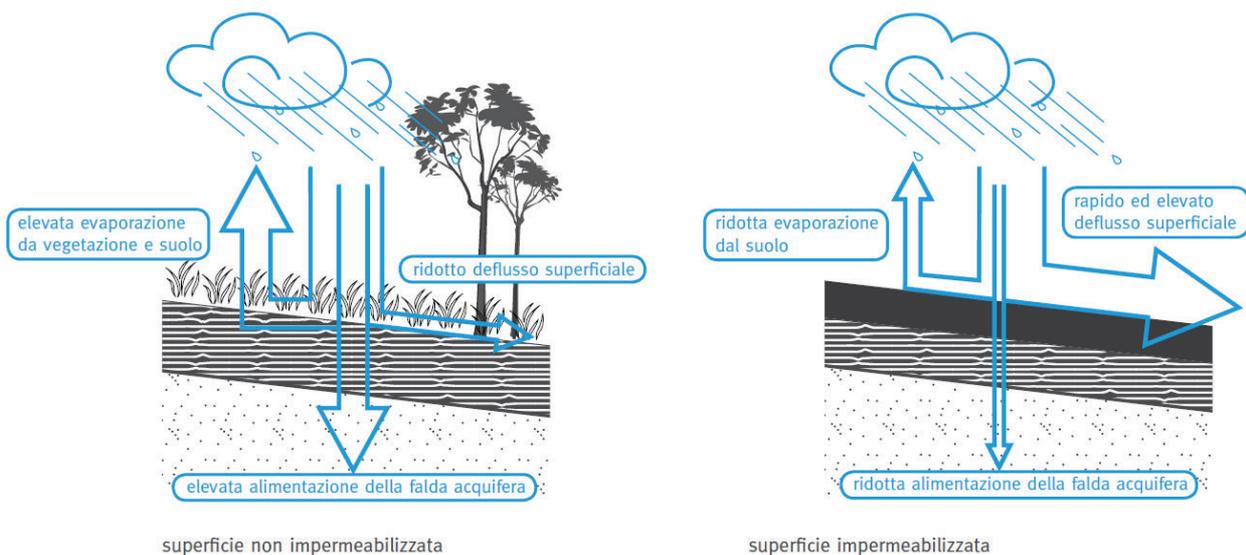


Figura 2-4: Modifica del bilancio idrico al crescere del grado di impermeabilizzazione del suolo

Figura 2-5: Modifica del bilancio idrico provocato da insediamenti e infrastrutture, con crescente impermeabilizzazione del suolo



Inoltre aumentano i rischi di insufficienza idraulica dei tratti di rete fognaria più vecchi, che sono stati progettati su portate e tempi di ritorno non più idonei al grado di sollecitazioni che l'estensione delle superfici impermeabili e i nuovi regimi pluviometrici impongono. Tale problema, fortunatamente non è così rilevante nel Comune di Milano, dove la rete fognaria è costituita da condotte con diametri molto elevati e spesso la rete stessa funge da invaso di laminazione in occasione degli eventi meteorici intensi. Sono comunque presenti alcune criticità localizzate.

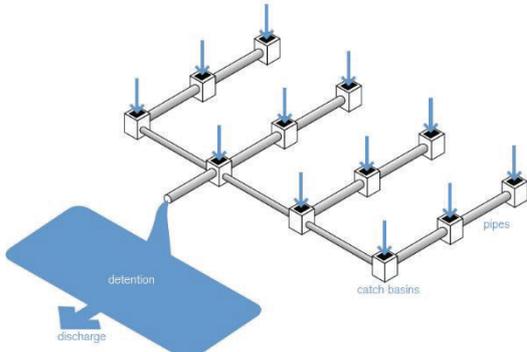
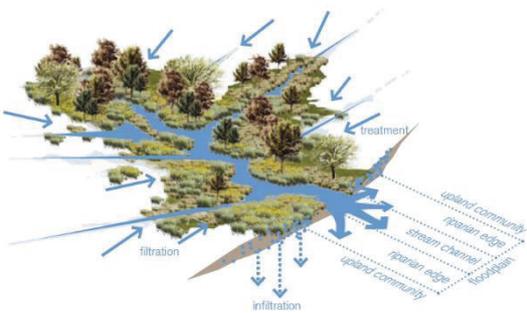
Oltre ai fattori sopra considerati, si possono citare anche altri fattori che concorrono ad aumentare le criticità legate alla qualità e la quantità dei deflussi di piena in ambito urbano. Tra questi è possibile citare per la sua potenziale importanza, la progettazione del verde urbano, che in genere si basa su criteri essenzialmente estetici senza considerare anche la potenziale funzione di accumulo e riduzione delle acque meteoriche. Il verde urbano deve infatti diventare un elemento utile alla mitigazione del rischio idraulico anche in assenza di una specifica funzione idraulica. Oltre ad integrare l'approccio SuDS nella progettazione del verde, quindi, risulta opportuno predisporre piani di manutenzione e controllo periodico, da attuare sinergicamente tra soggetti pubblici e privati.

Infine, non si può tralasciare l'alterazione delle caratteristiche qualitative delle acque di deflusso. Tra le cause si annovera il sensibile aumento del traffico veicolare e il radicale infittimento delle infrastrutture stradali. In

Lombardia, le aree occupate dal tessuto stradale complessivamente sul territorio regionale sono passate da 13 km² (nel 1954) a 145 km² (nel 2015) con una lunghezza totale del reticolo che supera i 70.500 km.

Quanto finora esposto rende evidente come non possa più essere perseguita una politica di difesa idraulica del territorio basata sul mero allontanamento dei deflussi verso i territori di valle e sul solo potenziamento delle canalizzazioni, eventualmente integrato da dispositivi di stoccaggio dei volumi prima dell'immissione nei corpi recettori. Al contrario, occorre implementare una gestione sostenibile delle acque meteoriche impostata sul controllo e l'abbattimento locale dei deflussi mediante metodologie di laminazione puntuale e diffusa, nonché processi di infiltrazione e il riuso, laddove questi ultimi siano compatibili con la natura dei suoli o la qualità delle acque (Tabella 2-1).

Tabella 2-1: Confronto tra le diverse strategie di approccio passate e future per la riduzione dei deflussi (Tratta da Becciu e Paoletti 2011)

APPROCCIO HARD ENGINEERING Ingegneria idraulica tradizionale	APPROCCIO SOFT ENGINEERING Ingegneria idraulica integrata
 <ul style="list-style-type: none"> • Strategia della canalizzazione • Alla crescente urbanizzazione risponde con l'aumento della conduttività idraulica (canalizzazione) • Ricerca di materiali per diminuire la scabrezza e aumentare la capacità idraulica dei canali • Interventi di laminazione localizzata con vasche di accumulo e stoccaggio delle acque • I costi per le nuove canalizzazioni o le modifiche di quelle esistenti risultano essere molto elevati 	 <ul style="list-style-type: none"> • Strategia dell'invarianza idraulica • Alla crescente urbanizzazione risponde con l'aumento delle superfici aventi capacità di detenzione e ritenzione delle piogge • Privilegia l'infiltrazione e l'accumulo di acqua nel suolo e nei terreni laddove possibile • Introduzione di SuDS e "Best Management Practices" al fine di ridurre e ritardare il colmo di piena e abbattere il carico inquinante della precipitazione • Diminuiscono i costi per degli interventi di realizzazione dei SuDS ottemperando ai criteri di sostenibilità economico-ambientale

2.1 LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE METEORICHE

La modalità di gestione dei sistemi di drenaggio urbano finora prevalente in gran parte dei paesi europei si basa sul controllo centralizzato dei deflussi, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Tale modalità prevede la raccolta e il convogliamento ai depuratori sia delle acque reflue, sia del deflusso prodotto dalle acque meteoriche ricadenti sulle superfici urbane sino ad un valore di soglia della portata, compatibile con l'efficienza degli impianti di trattamento. Oltre tale soglia si attivano gli scaricatori di piena che deviano la portata in eccesso verso ricettori finali. In tale caso è previsto l'impiego di vasche per il contenimento e

l'eventuale trattamento delle cosiddette acque di prima pioggia¹ di un evento meteorico e la laminazione delle portate prima del recapito nel corpo idrico ricettore attraverso vasche volano. Data la carenza di spazi fisici per la realizzazione di tali vasche e l'ostilità della cittadinanza di accogliere tali manufatti, questo tipo di gestione, non può più essere praticato come unica soluzione, ma dovrà essere affiancata da una gestione più sostenibile e diffusa sul territorio.

Negli ultimi anni, come detto, si è andata affermando una nuova strategia di gestione, che può essere definita di "gestione sostenibile delle acque meteoriche" e che si basa sulla riduzione della quantità di deflusso prodotto e sulla laminazione diffusa da attuarsi a monte dell'immissione delle acque meteoriche nella rete di drenaggio urbano. Essa è sicuramente da perseguire con convinzione nel caso di nuove realizzazioni, mentre sarà da considerare necessariamente complementare alla precedente, ma da incentivare, per tutte quelle situazioni di urbanizzazione "consolidata" dove il riequilibrio del regime idrologico e idraulico non potrà che essere parziale e progressivo.

A livello internazionale, la nuova strategia e le tecniche ad essa associate prendono nomi diversi: *Low-Impact Developments* (LID), *Green Infrastructure* (GI), *Best Management Practices* (BMPs), *Nature Based Solutions* (NBS) e rientrano nell'ambito più generale dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SuDS) (Benedict e McMahon 2002; Firehock 2010, Nickel et al. 2014), che sono al centro di alcune politiche comunitarie.

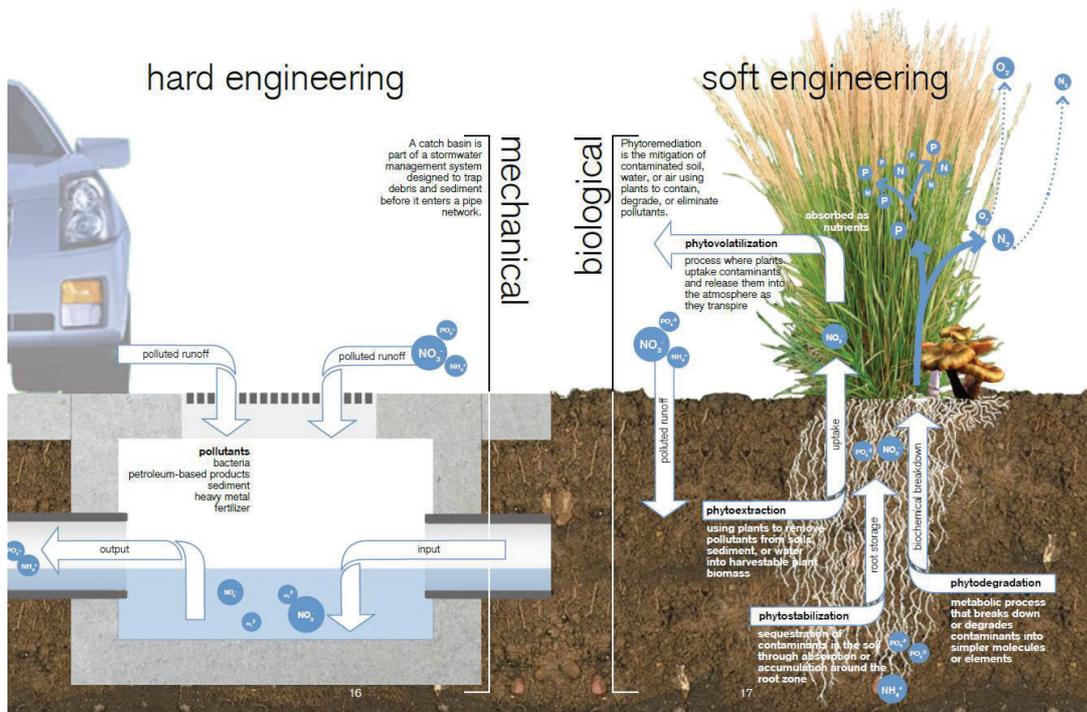


Figura 2-6: Confronto tra l'approccio Hard Engineering e Soft Engineering (tratto da LID Low Impact Development - A design manual for urban areas- University of Arkansas Community Design Center)

Le esperienze in tale senso sono iniziate quasi mezzo secolo fa in Germania (Nickel et al. 2014), dove sono ormai entrate nella pratica comune, e si sono poi diffuse ampiamente soprattutto in molti altri paesi del nord Europa e in quelli extra-europei (in particolare Gran Bretagna e Olanda da una parte, e Nord America e

¹ La norma attualmente in vigore in Regione Lombardia è il R.R. 24 Marzo 2006 n.4 che disciplina lo smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne in attuazione dell'articolo 52 comma 1 lettera a) della Legge Regionale 12 Dicembre 2003 n. 26, definisce: evento meteorico una o più precipitazioni, anche tra loro temporalmente distanziate, di altezza complessiva di almeno 5 mm, che si verificano o che si susseguono a distanza di almeno 96 ore da un analogo precedente evento e definisce acque di prima pioggia quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta acque meteoriche.

Australia dall'altra). L'efficacia di questo approccio è ormai dimostrata da diversi studi; a titolo di esempio, Bedan e Clausen (2009) e Gilroy e McCuen (2009) dimostrano che il deflusso può essere ridotto di oltre il 40% dopo l'implementazione di queste tecniche.

L'obiettivo principale che la **gestione sostenibile delle acque meteoriche** si propone, è quello di alterare il meno possibile la naturale circolazione delle acque a livello locale e si lega al concetto di **invarianza idraulica ed idrologica, ovvero il principio secondo il quale i volumi di deflusso e la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba rimanere invariata prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo avvenuto nell'area stessa, facendo riferimento alla condizione pre-urbanizzazione).**

Per raggiungere tale finalità è necessario contenere i deflussi superficiali, attraverso misure di prevenzione e riduzione della loro produzione e di rallentamento del loro moto, adottate il più possibile nel luogo di formazione o nelle vicinanze, senza danneggiare la qualità dei corpi idrici sotterranei e di quelli superficiali.

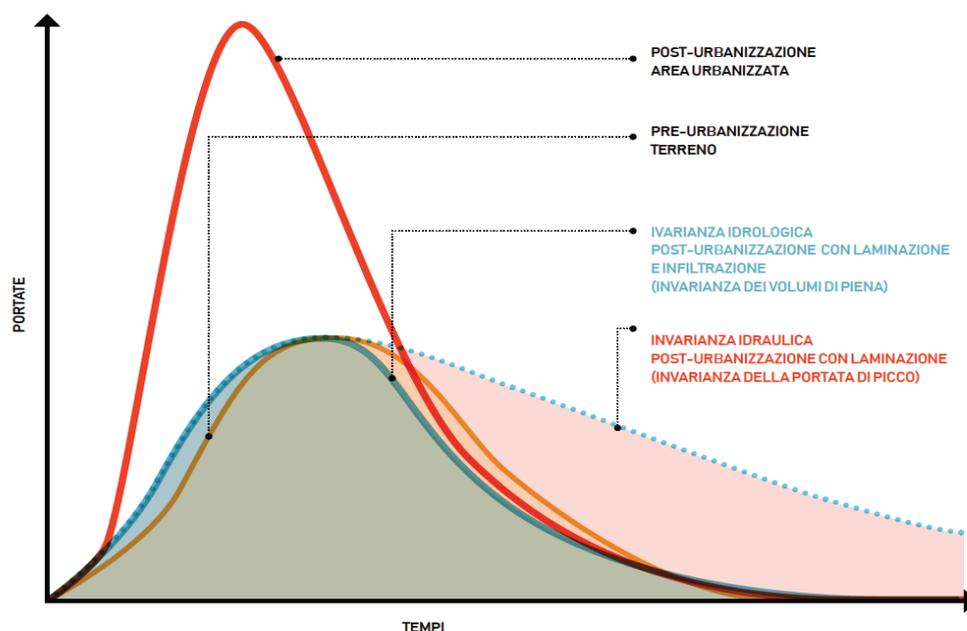


Figura 2-7: Andamento dei deflussi pre-urbanizzazione, post-urbanizzazione, applicando l'invarianza idraulica, applicando l'invarianza idrologica.

Ciò che oggi è necessario ed urgente ripristinare, è la 'funzione spugna' esercitata dai suoli permeabili delle aree verdi. Molte esperienze in corso in tema di adattamento climatico in diversi paesi nel Nord Europa, in America e in Cina (dove è stata coniata l'espressione 'città-spugna'), hanno come strategia d'attuazione di consistenti programmi di desealing di spazi di diversa natura e la loro trasformazione in superfici drenanti e vegetate. La strategia prevede che accanto alla depavimentazione, si proceda con la realizzazione di ulteriori misure – come giardini della pioggia, fossati e bacini, o addirittura, piazze inondabili, ecc.– capaci di garantire un ciclo delle acque meteoriche urbane il più possibile sostenibile e circolare.

Affinché queste misure abbiano successo è necessario che esse vengano integrate negli strumenti di pianificazione e regolamentazione degli usi del suolo, in particolare i piani urbanistici, i piani d'ambito, i regolamenti edilizi, i regolamenti di fognatura e la normativa in materia di scarichi, e nei progetti tecnici degli insediamenti e delle infrastrutture, nonché siano accettate da parte dei proprietari degli immobili. La loro implementazione richiede quindi attenzione oltre che per gli aspetti tecnici anche per quelli culturali e di carattere sociale.

È importante sottolineare, infine, che la gestione sostenibile non può limitarsi ai nuovi piani e progetti d'insediamenti e di infrastrutture di trasporto, ma deve estendersi - nei limiti del possibile - anche agli insediamenti ed alle infrastrutture esistenti, non solamente negli ambiti rurali ma soprattutto nei centri urbani. La diffusione dei sistemi di drenaggio urbano deve essere applicata non solo a scala territoriale, ma anche alla scala locale, del quartiere e dello stesso isolato.

Nello specifico, in Lombardia il principio dell'invarianza idraulica e idrologica si applica non solo agli interventi di demolizione con ricostruzione fino al piano terra, ma anche ad interventi di ampliamento dell'area edificata o di variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione².

Rispetto alla gestione convenzionale, nella gestione sostenibile si tratta di **riequilibrare**, nei limiti del possibile, le componenti del **ciclo naturale delle acque**, fortemente alterato in ambito urbano e metropolitano, senza però sacrificare l'obiettivo fondamentale della tutela dall'inquinamento.

Il nuovo approccio di gestione sostenibile dei deflussi meteorici prevede il perseguimento di alcuni principali obiettivi tra cui:

- ridurre i deflussi superficiali;
- alleggerire i collettori di fognatura e gli impianti di trattamento;
- ridurre i carichi idraulici concentrati sui corsi d'acqua naturali, costituenti i recipienti terminali delle reti di fognatura;
- migliorare il micro-clima urbano incrementando l'evaporazione;
- conservare e ripristinare, nei limiti del possibile, la funzione naturale del suolo.

Per raggiungere i suddetti obiettivi, le esperienze finora condotte hanno mostrato che è opportuno adottare un insieme di misure complementari, secondo un preciso ordine di priorità e tenendo in conto anche il grado d'inquinamento delle acque meteoriche ovvero:

- prevenire a livello locale la formazione dei deflussi superficiali provenienti dalle acque meteoriche, riducendo le superfici impermeabili o scegliendo forme di pavimentazione permeabili o semipermeabili;
- attuare misure d'utilizzazione e/o infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche, il più possibile vicine al luogo di formazione, tutelando falda e sottosuolo da eventuale contaminazione attraverso sistemi di separazione delle acque di prima pioggia e/o trattamenti di sabbatura/disoleazione delle acque;
- realizzare invasi locali o centrali per la riduzione delle portate di deflusso.

Nella prassi, spesso le suddette misure sono associate tra loro, secondo un'ampia gamma di soluzioni, variabili in relazione alle diverse situazioni locali (infrastrutture, edificazioni nuove o già esistenti, monofamiliari o multifamiliari, caratteristiche più o meno permeabili del suolo, ecc.).

² Art. 3 c2 del Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (legge per il governo del territorio)

2.2 GLOSSARIO

Nel seguito sono riportate le principali definizioni relative agli argomenti trattati:

- invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera a), della l.r. 12/2005;
- invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera b), della l.r. 12/2005;
- drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo "alla sorgente" delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera c), della l.r. 12/2005;
- acque meteoriche di dilavamento: la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti;
- acque di prima pioggia: quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche;
- acque di seconda pioggia: la parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedente le acque di prima pioggia;
- acque pluviali: le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'articolo 3 del regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (*"Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26"*) che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento;
- superficie scolante totale: la superficie, di qualsiasi tipologia, grado di urbanizzazione e capacità di infiltrazione, inclusa nel bacino afferente al ricettore sottesa dalla sezione presa in considerazione;
- superficie scolante impermeabile: superficie risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale;
- superficie scolante impermeabile dell'intervento: superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale;
- portata specifica massima ammissibile allo scarico, espressa in l/s per ettaro: portata (espressa in litri al secondo) massima ammissibile allo scarico nel ricettore per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal presente regolamento.
- superficie filtrante: il Regolamento Edilizio del Comune di Milano intende per superficie filtrante la superficie sistemata a verde, non costruita né fuori terra né in sottosuolo, destinata principalmente a migliorare la qualità dell'intervento e del contesto urbano esistente. Sono considerate filtranti soluzioni alternative quali superfici in ghiaia, in legno con fughe inerbate, in corteccia vegetale e altri materiali che non compromettano la permeabilità del terreno.
- superfici verdi: l'art. 10 del PdS del PGT intende per superfici verdi le superfici permeabili a terra, superfici semipermeabili a terra inverdite, superfici semipermeabili a terra pavimentate, tetti verdi e coperture verdi di manufatti interrati con strato drenante. Tali superfici verdi vengono introdotte nel calcolo dell'indice RIC "riduzione impatto climatico", con appositi coefficienti indicati nel documento tecnico relativo all'Art. 10. Si precisa che il RIC, inteso come rapporto tra superfici verdi e superficie territoriale dell'intervento, non va confuso con il coefficiente di deflusso medio ponderale del R.R. 7/2017.

- Superficie Permeabile SP: è la porzione di superficie territoriale o fondiaria priva di pavimentazione o di altri manufatti permanenti, entro o fuori terra, che impediscano alle acque meteoriche di raggiungere naturalmente la falda acquifera.
- Indice di permeabilità IP: si intende il rapporto tra la Superficie Permeabile (SP) e la Superficie Territoriale (Indice di Permeabilità Territoriale IPT) o Fondiaria (Indice di Permeabilità Fondiaria IPF).
- coefficiente di deflusso: rapporto fra deflussi (volume d'acqua che defluisce per scorrimento superficiale) e afflussi (precipitazioni).
- coefficiente di permeabilità: è il parametro che indica con quale facilità un terreno si lascia attraversare dall'acqua. Se l'acqua riesce a fluire con facilità attraverso i pori di un terreno, questo viene definito molto permeabile ed il suo coefficiente di permeabilità sarà elevato. Se al contrario il terreno oppone una forte resistenza al movimento dell'acqua, allora il terreno viene definito scarsamente permeabile e in questo caso il coefficiente di permeabilità sarà molto piccolo. Il coefficiente di permeabilità ha le dimensioni di una velocità e di preferenza come unità di misura viene utilizzato il m/sec.

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La gestione integrata qualitativa e quantitativa reflue è sempre più al centro delle politiche ambientali, sia a livello nazionale che internazionale. La crescita frenetica ed incontrollata delle superfici urbanizzate di molte città negli ultimi decenni, infatti, da una parte ha determinato un incremento della domanda di fornitura idrica che si contrappone ad una disponibilità della risorsa sempre più scarsa, dall'altra la difficoltà a gestire le acque meteoriche attraverso reti che dovrebbero essere continuamente adeguate alle nuove portate ed ai nuovi volumi di deflusso. Ad aggravare la situazione, vi sono i cambiamenti climatici che comportano una tendenza all'aumento della frequenza ed intensità degli eventi meteorici estremi, con il conseguente incremento del rischio idraulico.

Le soluzioni tradizionali di drenaggio, che prevedevano l'allontanamento delle acque di pioggia richiedono continui adeguamenti delle sezioni dei collettori principali per rispondere alle accresciute esigenze di salvaguardia idraulica dei territori e non fanno altro che trasferire i problemi dalle zone di monte a quelle di valle. In assenza di una radicale revisione dell'approccio alla gestione del deflusso urbano, inoltre, neppure i dispositivi per la laminazione delle portate urbane e per il miglioramento della qualità delle acque, ormai inclusi negli approcci tradizionali e nelle normative vigenti, sembrano in grado di risolvere il problema, oltre a richiedere ingenti risorse economiche e ampi spazi che nei contesti urbani non sempre sono disponibili.

La nuova visione della gestione delle acque meteoriche considera queste ultime sempre più come una risorsa orientandosi verso sistemi atti al loro riutilizzo, ad opere di laminazione diffuse sul territorio, a sistemi naturali di depurazione e alla loro dispersione nel suolo. L'obiettivo è di far confluire nei corsi d'acqua e nelle falde parte della precipitazione meteorica, opportunamente controllata nella qualità, ai fini di renderla disponibile per l'approvvigionamento idrico, di contribuire al mantenimento dell'equilibrio idrologico e di aumentare la biodiversità in ambito urbano e la fruizione multidisciplinare degli spazi utilizzati per la loro laminazione.

La moderna gestione delle acque meteoriche, in accordo con le politiche dell'Unione Europea, rientra tra le azioni finalizzate a promuovere la sostenibilità ambientale e si concretizza principalmente nell'applicazione del criterio dell'invarianza idraulica. Quest'ultimo prevede che il deflusso risultante dal drenaggio di un'area debba rimanere invariato dopo una qualunque trasformazione dell'uso del suolo all'interno dell'area stessa. Tradotto nell'ambito ingegneristico questo comporta il passaggio ad una gestione basata non solo su opere di regimentazione idraulica, ma sempre più aperta all'impiego delle capacità ritenive e depurative della vegetazione e del terreno, attraverso la realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e i processi di fitodepurazione, ai fini del controllo dei deflussi superficiali e del loro utilizzo.

Le esperienze internazionali di questo cambio di mentalità nella gestione dei deflussi urbani, dimostrano significativi miglioramenti nella capacità di riduzione del deflusso e nella qualità delle acque drenate. L'esito di queste esperienze ha anche dimostrato che l'utilizzo di tecniche basate su un corretto rapporto tra metodi tradizionali e strumenti innovativi basati sui sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SuDS), può ridurre i costi rispetto alla realizzazione delle tradizionali reti di smaltimento delle acque di deflusso e contribuire a proteggere l'ambiente da dissesti idrogeologici.

È oramai disponibile una manualistica molto ricca sia a livello internazionale che livello italiano. Anche la Regione Lombardia ha redatto nel 2015, assieme ad Ersaf, il manuale "*GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'. Perché, Cosa, Come*" (Gibelli G., Gelmini A., Pagnoni E., Natalucci F.) a cui si farà spesso riferimento nel presente documento.

3.1 POLITICHE COMUNITARIE E NAZIONALI

Dal punto di vista della normativa, occorre innanzitutto riferirsi a quella comunitaria. In tale ambito la direttiva più importante in materia di acque, anche se non specificamente per quelle meteoriche ma con evidenti connessioni ad esse, è la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE che, con l'obiettivo generale di raggiungere un buono stato ecologico e chimico di tutte le acque comunitarie, ha istituito un quadro che persegue obiettivi specifici quali:

- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento,
- la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua,
- la protezione dell'ambiente,
- il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

La direttiva prevede l'individuazione e l'analisi di tutte le acque europee, classificate per bacino e per distretto idrografico di appartenenza, nonché l'adozione di piani di gestione e di programmi di tutela adeguate per ciascun corpo idrico. La direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia attraverso il D. Lgs. n.152 del 3 aprile 2006, "Norme in materia ambientale".

Ulteriore direttiva di rilievo per l'argomento trattato è la 2006/11/CE concernente l'inquinamento provocato da alcune sostanze pericolose, successivamente modificata dalla Direttiva 2008/105/CE "Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque", recepita in Italia con D.Lgs. n. 219 del 10 dicembre 2010.

3.2 NORMATIVA REGIONALE

La L.R. 12 del 11 marzo 2005, in attuazione dell'articolo 117 della Costituzione, comma 3, definisce le norme di governo del territorio lombardo. Essa costituisce una sorta di "testo unico" regionale, con l'unificazione di discipline di settore attinenti all'assetto del territorio (urbanistica, edilizia, tutela idrogeologica e antisismica, ecc.). In tal modo, vengono integrate tra loro le leggi di settore e abrogate un cospicuo numero di quelle precedentemente operative, determinando una significativa riduzione del numero delle normative in materia.

La L.R. 12/2005 è stata oggetto, dalla sua entrata in vigore, di numerose modifiche e integrazioni.

3.2.1 R.R. 7 /2017 s.m.i. e il principio di invarianza idraulico-idrologica

La Regione Lombardia ha introdotto il principio di invarianza idraulica e il concetto di gestione sostenibile dei deflussi meteorici con la L.R. 4/2016 "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".

È stato quindi redatto il R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)».

Il regolamento si occupa della gestione delle acque meteoriche non contaminate, al fine di far diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi. A tal fine, il regolamento regionale detta una nuova disciplina per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni di quelle esistenti, nonché per le infrastrutture stradali.

Il regolamento n. 7 del 2017 sull'invarianza idraulica e idrologica è stato aggiornato già tre volte:

- R.R. 29 giugno 2018, n. 7, entrato in vigore il 4 luglio 2018;

- R.R. 19 aprile 2019, n. 8, entrato in vigore il 25 aprile 2019;
- L.R. 26 novembre 2019, n. 18, entrata in vigore il 11 dicembre 2019.

Il regolamento incoraggia l'adozione dei sistemi SuDS per il perseguimento degli obiettivi di invarianza idraulico-idrologica non solo sulla nuova edificazione e sugli interventi di demolizione e ricostruzione, ma anche sulle opere esistenti così da migliorare la situazione dei deflussi delle superfici urbane già esistente e migliorare il cosiddetto "retrofitting idrologico" urbano e quindi la risposta idrologica di un territorio alle sollecitazioni meteoriche intense. Le misure di invarianza idraulica e idrologica, previste nel Regolamento Regionale n. 7/2017, ed i vincoli allo scarico da adottare per le superfici interessate da interventi che prevedono una riduzione della permeabilità, si applicano al solo contesto delle acque pluviali³.

Nell'ambito degli interventi edilizi di cui all'art. 3, comma 1, lettere d), e) ed f), del D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001, (*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*) sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del regolamento regionale gli interventi di:

- nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
- demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali le misure di invarianza idraulica e idrologica sono da prevedere sia per nuove sedi stradali e sosta annessa o di parcheggio esterne alla rete stradale, sia per interventi di riassetto, adeguamento, allargamento di infrastrutture già presenti sul territorio, con riferimento alle componenti che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'impermeabilizzazione, come meglio definito all'Art. 3 del R.R. 7/2017. Sono esclusi dall'applicazione del regolamento gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale.

Le corrispondenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono da calcolare in rapporto alla superficie interessata da tali interventi. La riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all'urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l'intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione zero, preesistente all'urbanizzazione. Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una modifica della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione (superficie di trasformazione) e non all'intero lotto (*Figura 3-1*).

Gli interventi soggetti all'applicazione del regolamento regionale devono essere considerati nella loro unitarietà e non possono essere frazionati. Diversamente, più interventi indipendenti, ma tra loro contigui, possono prevedere la realizzazione di un'unica opera di invarianza idraulica o idrologica; a tal fine, la classe di intervento descritta in Figura 3-1 considera come superficie interessata dall'intervento la superficie complessiva data dalla somma delle superfici dei singoli interventi.

³ Si definiscono acque pluviali, le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'articolo 3 del regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26), che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento.

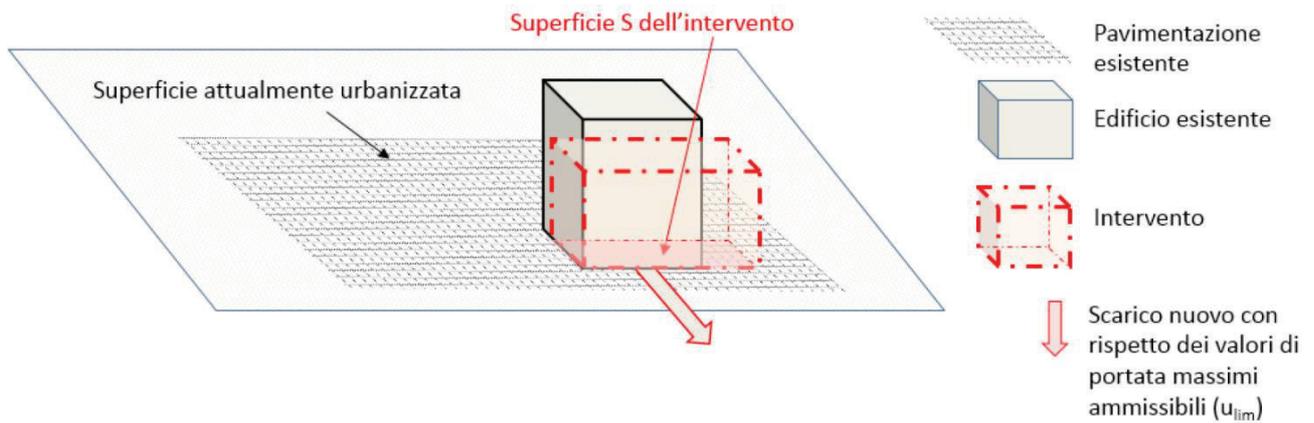


Figura 3-1: Esempio di intervento al quale applicare il principio dell'invarianza idraulico-idrologica prevista dal regolamento regionale.

In particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche descritti all'Art. 16 del R.R. 7/2017 è possibile prevedere la monetizzazione in alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi, per i quali sussiste l'accertata e documentata impossibilità a ottemperare ai disposti del regolamento stesso. Le monetizzazioni potranno essere in parte poste nei capitoli di spesa specifici per finanziare la progettazione e realizzazione di opere di invarianza idraulica, depavimentazione e verde di interesse dell'amministrazione.

3.2.1.1 Limiti ammissibili della portata meteorica scaricabile nei corpi ricettori

Gli scarichi nel corpo ricettore, ai sensi del regolamento, devono essere limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro il valore massimo ammissibile (u_{lim}) a seconda dalla classificazione di criticità del comune di riferimento. Il valore massimo ammissibile nel Comune di Milano, classificato come zona A (Area ad alta criticità), è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

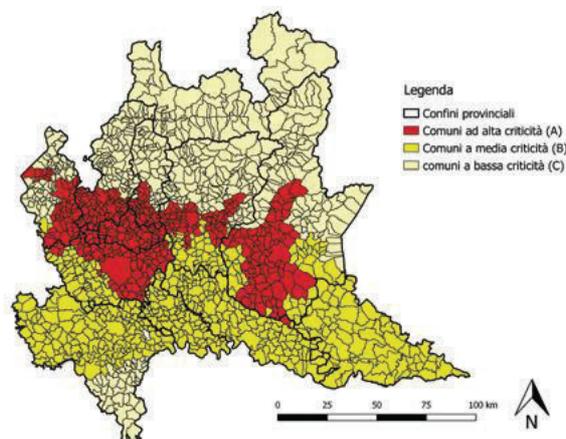


Figura 3-2: Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo il R.R. 7/2017. Il Comune di Milano ricade interamente in Area A

Il gestore del corpo ricettore può imporre limiti più restrittivi di quelli sopra elencati, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso, ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

I limiti alle portate di scarico potranno essere ottenuti mediante l'adozione di sistemi finalizzati prioritariamente a favorire l'attenuazione della formazione dei deflussi meteorici a monte del loro scarico nel corpo ricettore, attraverso misure locali incentivanti l'evapotraspirazione, il riuso, l'infiltrazione.

Nel caso in cui, nonostante il ricorso ai sistemi di ritenzione e detenzione per l'attenuazione della formazione del deflusso, sia comunque necessario realizzare lo scarico delle acque meteoriche nel corpo ricettore, il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi dimensionati opportunamente per rispettare le portate imposte dai valori massimi ammissibili.

3.2.2 L.R. 4/2006 e lo smaltimento delle acque di prima pioggia

La normativa di riferimento è rappresentata dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152, intitolato "Testo unico sulle acque" recante "Norme in materia ambientale", pubblicato nella G.U. n. 88 del 14/04/2006.

Per quanto riguarda le acque meteoriche il D. Lgs. 152/06, all'art. 113 "Acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne" precisa che:

- Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'Ambiente e tutela del territorio disciplinano le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate ed i casi in cui richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.
- Le Regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari casi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.
- È comunque vietato lo scarico di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

La Legge della Regione Lombardia n. 4/2006, relativa alla "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne" all'Art. 3 prevede il trattamento delle acque di prima pioggia qualora esse provengano:

- a) da superfici scolanti di estensione superiore a 2.000 mq, calcolata escludendo le coperture e le aree a verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività: industria petrolifera, industrie chimiche, trattamento e rivestimenti dei metalli, concia e tintura delle pelli e del cuoio, produzione della pasta carta (della carta e cartone), produzione di pneumatici, aziende tessili che eseguono stampa tintura e finissaggio di fibre tessili, produzione di calcestruzzo, aree intermodali, autofficine, carrozzerie.
- b) dalle superfici scolanti costituenti pertinenza di edifici ed installazioni in cui sono svolte attività di deposito rifiuti, centro di raccolta e/o trasformazione degli stessi, deposito di rottami e deposito di veicoli destinati alla demolizione.
- c) dalle superfici scolanti destinate al carico e alla distribuzione di carburante ed operazioni connesse e complementari nei punti vendita delle stazioni di servizio per autoveicoli.
- d) dalle superfici scolanti specificatamente o anche saltuariamente destinate al deposito, al carico, allo scarico, al travaso e alla movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 del Decreto Legislativo 03 aprile 2006 n° 152 parte III.

Resta comunque valido l'Art. 101 del D.lgs. 152/06 secondo il quale tutti gli scarichi devono comunque rispettare i valori limite previsti nell'Allegato 5 alla parte terza del decreto.

Inoltre tutti gli scarichi, ad eccezione di quelli domestici e di quelli ad essi assimilati, devono essere resi accessibili per il campionamento da parte dell'autorità competente per il controllo immediatamente a monte della immissione nel recapito in tutti gli impluvi naturali, le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, le fognature, sul suolo e nel sottosuolo.

3.2.3 L.R. 31/2014 e la limitazione del consumo di suolo

La Commissione europea è impegnata a favorire un uso più sostenibile del terreno e del suolo. La Strategia tematica per la protezione del suolo del 2006 ha sottolineato la necessità di porre in essere buone pratiche

per mitigare gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione sulle funzioni del suolo. Questo obiettivo generale è stato ulteriormente esplicitato nel 2011 con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, nella quale si propone che, entro il 2020, le politiche dell'UE tengano conto delle loro conseguenze sull'uso dei terreni, con il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere entro il 2050.

La Legge Regionale n. 31 del 28 novembre 2014 ha introdotto nel governo del territorio nuove disposizioni mirate a limitare il consumo di suolo e a favorire la rigenerazione delle aree già urbanizzate. Partendo dal presupposto che il suolo sia una risorsa non rinnovabile, l'obiettivo prioritario di riduzione del consumo di suolo si concretizza nell'orientare le attività di trasformazioni urbanistico-edilizie non più verso le aree libere ma operando sulle aree già urbanizzate, degradate o dismesse, da riqualificare o rigenerare.

Queste disposizioni modificano in più punti la L.R. n. 12 del 2005 "*Legge per il governo del territorio*" prevedendo l'adeguamento alle nuove Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato di tutti gli strumenti di pianificazione territoriale: Piano Territoriale Regionale, Piani Territoriali delle Province e della Città Metropolitana, Piani di Governo del Territorio (PGT).

3.3 SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEL COMUNE DI MILANO

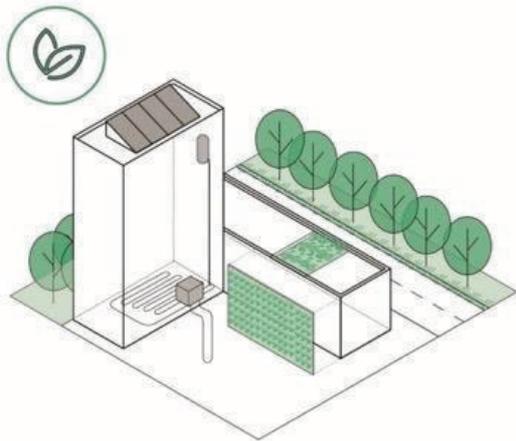
Verde e sostenibilità sono due obiettivi chiave del Piano di Governo del Territorio (PGT), approvato il 14 ottobre 2019 dal Consiglio Comunale. La visione per Milano 2030 è quella di una città green e resiliente, che riduca il consumo di suolo, valorizzando le proprie infrastrutture verdi e blu e aumentando la propria resilienza di fronte ai cambiamenti climatici che impattano sull'ecosistema urbano.

In particolare, il Piano introduce nuovi standard ambientali per gli interventi di trasformazione del territorio, che incoraggiano il ricorso a sistemi tecnologici e scelte progettuali avanzate, con soluzioni integrate per ridurre le emissioni di gas serra e minimizzare il fabbisogno energetico degli edifici, avviare processi di rinaturalizzazione delle superfici, sia orizzontali sia verticali, favorire il drenaggio delle acque, il miglioramento del microclima e il recupero della biodiversità, anche attraverso progetti estesi di riforestazione urbana che possano fare da traino a un ambizioso programma di rinverdimento dell'area metropolitana.

3.3.1 Sostenibilità ambientale e resilienza urbana - PGT PdR Art.10

L'Articolo 10 "*Sostenibilità ambientale e resilienza urbana*" delle Norme di Attuazione del Piano delle Regole del PGT detta disposizioni per promuovere e incentivare la sostenibilità ambientale e resilienza urbana mediante l'introduzione di nuovi standard.

Con riferimento agli obiettivi definiti dal Documento di Piano, gli interventi dovranno agire in termini di miglioramento del drenaggio e microclima urbano, realizzazione di infrastrutture verdi con l'obiettivo di ridurre l'immissione di acque meteoriche nel sistema fognario, di mitigare le isole di calore e di innalzare gli standard abitativi grazie all'aumento della presenza di verde urbano.



In relazione alla riduzione delle emissioni di CO₂ per gli interventi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia, è obbligatoria la riduzione del 15% per gli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione urbanistica e ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione, è obbligatorio il raggiungimento della neutralità carbonica. L'Art. 10 prevede che tali obiettivi potranno essere raggiunti anche attraverso l'utilizzo, di interventi di rinaturalizzazione (ad esempio forme di verde integrato negli edifici), tecnologie per un ridotto consumo idrico e per il riutilizzo delle acque meteoriche.

Figura 3-3 Elementi di rinaturalizzazione previsti per il RIC A tale scopo è stato introdotto un Indice di Riduzione Impatto Climatico (RIC), la cui procedura di calcolo è illustrata nel documento tecnico per l'attuazione della disciplina di cui all'Art. 10. Tale indice è inteso come il rapporto tra le superfici verdi e la superficie territoriale dell'intervento, come mostrato nell'immagine.

3.3.2 Infrastrutture verdi e blu e della Rete Ecologica Comunale - PGT P.d.S. Art.10

L'Articolo 10 "Infrastrutture verdi e blu e della Rete Ecologica Comunale" delle Norme di Attuazione del Piano dei Servizi del PGT individua una rete multifunzionale di aree naturali e seminaturali, che fornisca una serie di servizi ecosistemici, assolva anche le funzioni di Rete Ecologica Comunale e si connetta alla rete ecologica dei comuni contermini e di area vasta (RER e REP). Le Infrastrutture verdi e blu vengono indicati nella Tav. S.03 del PGT.

È previsto che, in occasione di interventi di nuova costruzione, riqualificazione o di manutenzione straordinaria della viabilità e delle sedi stradali di maggiore ampiezza, anche eseguiti da privati, dovranno essere realizzati spazi permeabili per il deflusso e l'infiltrazione delle acque meteoriche e si dovrà incrementare la dotazione arborea.

Le Infrastrutture per la riqualificazione ambientale e la resilienza degli ambiti costruiti comprendono:

- a. 20 nuovi parchi, bacini verdi previsti nei grandi ambiti di rigenerazione urbana;
- b. Ambiti di Rigenerazione Ambientale, definiti e disciplinati dall'art. 15, comma 3) delle Norme di attuazione del Piano delle Regole;
- c. Ambiti prioritari per la realizzazione di interventi per la riduzione del rischio idraulico, ovvero ambiti della città dove realizzare, su aree pubbliche, "soluzioni basate sulla natura" (NBS) per incrementare l'infiltrazione delle acque in occasione di eventi meteorici eccezionali, secondo le indicazioni del Documento semplificato del Rischio Idraulico, a cui si rimanda;
- d. Aree pubbliche da forestare/piantumare, ovvero aree di proprietà comunale per cui si prevedono interventi di forestazione urbana o di piantumazione, a seconda delle caratteristiche e della localizzazione;
- e. Spazi per la sosta da depavimentare e piantumare, ovvero spazi attualmente adibiti alla sosta, per i quali si prevede la riconversione ad aree verdi con un intervento di rimozione totale della pavimentazione e successiva piantumazione;
- f. Spazi per la sosta da depavimentare parzialmente e piantumare, ovvero spazi per la sosta per cui si prevede la rimozione della pavimentazione in alcune zone, con la creazione di fasce o isole permeabili e piantumate;
- g. Piazze da depavimentare parzialmente e piantumare, ovvero piazze e slarghi per cui si prevede una sistemazione che incrementi le aree a verde, permeabili e piantumate.

3.3.3 Documento Semplificato del Rischio Idraulico (Allegato 8 al PGT del Comune di Milano)

Il Comune di Milano, che ricade in aree definite dalla Regione Lombardia ad alta criticità idraulica, ha redatto, in ottemperanza all'Art. 14 del R.R. 7/2017 della Lombardia, il "**Documento Semplificato di gestione del Rischio Idraulico**" (DSRI) riportato nell'Allegato 8 del PGT approvato il 14 ottobre 2019 dal Consiglio Comunale ed entrato in vigore il 5 febbraio 2020.

Tale documento rappresenta lo strumento per la gestione degli allagamenti urbani o comunque interni al territorio comunale, anche attraverso il recupero della perdita permeabilità, in cui vengono indicate le priorità degli interventi e le modalità di declinazione degli stessi nella programmazione comunale delle opere pubbliche, con particolare riguardo a quelle che riguardano il reticolo idrico minore, il verde pubblico e i servizi di sottosuolo.

Gli interventi di invarianza idraulica sul territorio comunale dovranno dunque integrarsi con una più ampia serie di interventi strutturali e non strutturali individuati nel "**Documento Semplificato di gestione del Rischio Idraulico**", nelle aree soggette ad allagamento, di seguito brevemente richiamati descritti.

- 1) Interventi sui corsi d'acqua principali: Lambro, Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa
 - A. Interventi puntuali nelle aree a verde pubblico o comunque non edificate con funzioni di incremento di vaso temporaneo delle acque di esondazione e conseguente riduzione dell'estensione delle aree inondate a valle.
 - B. Misure di invarianza idraulica e idrologica da prevedere negli ambiti di nuova trasformazione. Per gli ambiti di nuova trasformazione ricadenti all'interno delle aree identificate, il rispetto dei principi di invarianza idrologica e idraulica e delle massime portate scaricabili, di cui all'art.8 del Regolamento 7/2017, si presenta particolarmente complicato tenuto conto della presenza dei fenomeni di inondazione periodica che in alcune occasioni si possono sommare ai normali temi connessi al corretto drenaggio delle acque meteoriche. L'approccio alla progettazione analitica delle modalità di intervento non potrà che essere affrontato caso per caso in funzione delle specificità dell'area interessata.
 - C. Nelle aree soggette ad allagamento dovranno essere previsti interventi straordinari a seguito di eventi di piena gravosi e ordinari con frequenza adeguata di manutenzione e pulizia delle canalizzazioni tombinate, delle caditoie e delle strutture deputate allo smaltimento delle acque esondate per deposito di sedimenti.

- 2) Interventi sul reticolo idrico minore (RIM)
 - A. Interventi di riattivazione/miglioramento funzionale di tratti del RIM, con funzioni di laminazione di piena in attuazione dei criteri di invarianza idraulica e idrologica, convogliamento di volumi idrici per utilizzo irriguo, valorizzazione ambientale. La linea di intervento risponde alla finalità complessiva di promuovere un programma di valorizzazione complessiva del RIM in riferimento sia agli aspetti di funzionalità idraulica in senso lato sia alla valorizzazione ambientale e di fruizione dei corsi d'acqua.
 - B. Misure di invarianza idraulica e idrologica da prevedere negli ambiti di nuova trasformazione. Per gli ambiti di nuova trasformazione il RIM può costituire un elemento di interesse per il rispetto dei principi di invarianza idrologica e idraulica e delle massime portate scaricabili di cui all'art.8 del Regolamento 7/2017, con riferimento sia alle funzioni di convogliamento delle portate scaricate (previa disconnessione dalla fognatura) sia per favorire la funzione di infiltrazione. In questo caso l'assetto del corpo idrico ricevente (RIM) deve essere considerato nell'ambito relativo alle misure di invarianza. Va tenuto conto in proposito che il progetto relativo al corpo idrico non può avere carattere strettamente locale ma deve essere esteso adeguatamente per considerare gli effetti a valle e la funzionalità complessiva del corso d'acqua.

- C. Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria relativi all'alveo dei corsi d'acqua (condizioni di deposito, erosione di fondo e delle sponde, presenza di vegetazione in alveo e sulle sponde), le opere idrauliche di difesa, i tratti interessati dai ponti, i tratti tombinati, la vegetazione rivierasca.

3) Rete fognaria

- A. Interventi di adeguamento degli scarichi degli sfioratori di piena. I criteri di adeguamento degli scarichi devono ovviamente riguardare sia il rispetto dei principi di invarianza idrologica e idraulica in rapporto alle massime portate scaricabili secondo l'art.8 del Regolamento 7/2017 sia la compatibilità delle portate scaricate con le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua ricevente.
- B. Progressivo adeguamento della rete fognaria esistente al principio dell'invarianza idraulica e idrologica relativamente all'urbanizzato esistente.
- C. Procedure di manutenzione ordinaria delle caditoie. Sarà necessario l'individuazione dettagliata delle aree interessate da inondazioni più o meno frequenti da parte del reticolo idrografico e dei tratti di fognatura ove programmare l'esecuzione di interventi di manutenzione e pulizia con maggiore frequenza rispetto alle altre parti della rete e comunque a seguito del verificarsi di un evento.

3.3.4 Superficie Filtrante e salvaguardia del suolo non edificato nel Regolamento Edilizio (art.76 R.E.) e nel PGT vigente

Il Regolamento Edilizio vigente approvato con Deliberazione n. 27 del 2 ottobre 2014 detta disposizioni anche in materia di superfici filtranti minime da rispettare degli interventi volti alla trasformazione territoriale; nello specifico prevede che:

- negli ambiti di tessuto urbano consolidato (TUC), con esclusione dei NAF, la superficie filtrante non debba risultare inferiore al 10% del lotto funzionale, al di fuori di tali ambiti la stessa dovrà essere normata preliminarmente dagli strumenti urbanistici di dettaglio e, in mancanza di precisazione, come da indicazione precedente.
- su suolo non edificato agricolo e di elevata sensibilità paesistica, è necessario salvaguardare almeno il 20% della superficie territoriale, che non potrà essere interessata né da attività cantieristiche, né da successive costruzioni e dovrà essere conservata a verde, ovvero piantumata con specie arboree appartenenti alla flora della pianura lombarda.
- negli interventi sull'esistente, esclusa la demolizione e ricostruzione fuori sagoma e sedime, è consentito il mantenimento dei parametri dell'esistente; inoltre le precedenti disposizioni non sono vincolanti qualora l'intervento sia finalizzato al miglioramento della situazione igienico sanitaria preesistente o all'abbattimento delle barriere architettoniche.

Il R.E. intende per superficie filtrante la superficie sistemata a verde, non costruita né fuori terra né in sottosuolo, destinata principalmente a migliorare la qualità dell'intervento e del contesto urbano esistente. Sono considerate filtranti soluzioni alternative quali superfici in ghiaia, in legno con fughe inerbate, in corteccia vegetale e altri materiali che non compromettano la permeabilità del terreno. La suddetta superficie deve inoltre essere utilizzata in modo da non provocare l'inquinamento del sottosuolo.

Come illustrato al precedente par. 3.3.1, il PGT vigente introduce nelle norme finalizzate al miglioramento della sostenibilità ambientale e in tema di superficie permeabile (definita come porzione di superficie territoriale o fondiaria priva di pavimentazione o di altri manufatti permanenti, entro o fuori terra, che impediscano alle acque meteoriche di raggiungere naturalmente la falda acquifera) prevede all'art. 10 comma 4 delle Norme di Attuazione che, ferma restando una quota minima di superficie permeabile definita dal Regolamento Edilizio, l'attuazione degli interventi debba prevedere soluzioni atte a migliorare la qualità ambientale e la capacità di adattamento attraverso il rispetto dell'indice di "riduzione impatto climatico" (R.I.C.), inteso come rapporto tra superfici verdi e superficie territoriale dell'intervento, secondo quanto di seguito definito:

- i. per interventi di restauro, risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia, che incidano sulle superfici esterne degli edifici (coperture, terrazze, pavimentazioni, facciate), è obbligatorio il raggiungimento di un RIC superiore rispetto l'esistente e comunque non inferiore a 0,1;
- ii. per interventi di ristrutturazione edilizia con totale demolizione e ricostruzione è obbligatorio il raggiungimento di un indice RIC superiore rispetto l'esistente e comunque non inferiore a 0,2;
- iii. per gli interventi di nuova costruzione è obbligatorio il raggiungimento di un indice RIC superiore a 0,2;
- iv. all'interno degli ambiti di Rigenerazione Ambientale, per interventi di ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione e di nuova costruzione, è obbligatorio il raggiungimento di un indice di RIC superiore a 0,3.
- v. All'interno di ambiti per i quali gli interventi si attuino per mezzo di piani attuativi è obbligatorio il reperimento di indice di permeabilità pari a almeno 30% della superficie territoriale, laddove non già definito. Dove per indice di permeabilità si intende il rapporto tra la Superficie Permeabile e la Superficie Territoriale (Indice di Permeabilità Territoriale IPT) o Fondiaria (Indice di Permeabilità Fondiaria IPF).

Per superfici verdi l'Art. 10 delle Norme di Attuazione del P.d.R. intende: superfici permeabili a terra, superfici semipermeabili a terra inverdite, superfici semipermeabili a terra pavimentate, tetti verdi e coperture verdi di manufatti interrati con strato drenante. Tali superfici verdi vengono introdotte nel calcolo del RIC con appositi coefficienti indicati nel documento tecnico relativo all'Art. 10. Si precisa che il RIC non va confuso con il coefficiente di deflusso medio ponderale del R.R. 7/2017.

Nello stesso articolo viene poi previsto che tali prestazioni possano essere raggiunte attraverso l'utilizzo, in forma alternativa o composta di differenti tipologie di superfici verdi a cui viene poi attribuito una percentuale a seconda del grado di permeabilità, dove al 100% corrispondono le superfici permeabili a terra.

Dal combinato disposto dei succitati articoli del PGT e Regolamento Edilizio si evince quindi la volontà dell'Amministrazione di salvaguardare negli interventi edilizi le superfici filtranti al fine di garantire un corretto deflusso delle acque meteoriche.

L'Art.10 del P.d.S. prevede di utilizzare in modo efficiente l'acqua potabile riducendo l'uso di energia e delle relative emissioni di gas serra per l'approvvigionamento idropotabile e il trattamento delle acque reflue. Viene indicato un volume minimo di acqua che deve essere risparmiato pari al 20% del consumo annuo di acqua per usi potabili e igienici. Tale volume può essere raggiunto anche prevedendo misure di riutilizzo dell'acqua meteorica così come previsto dal R.R. 7/2017.

Per la riduzione dell'effetto 'isola di calore', l'Art. 10 del P.d.S. prevede come prestazione minima che la superficie totale di aree esterne pavimentate permeabili, ombreggiate o con alto valore di riflettanza solare deve essere almeno il 50% della superficie totale delle aree pavimentate. Inoltre la superficie totale delle coperture realizzate con materiali aventi un alto valore di riflettanza solare e/o verdi deve essere almeno il 75% della superficie totale delle coperture orizzontali.

4 PROGETTI DI INVARIANZA IDRAULICO-IDROLOGICA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di dettare le Linee Guida con la quale devono essere presentati il Progetti di Invarianza Idraulica degli interventi urbanistici specificati all'articolo 3 del Regolamento Regionale 7/2017.

Ai sensi del regolamento il Comune di Milano è classificato come Zona A, pertanto il valore massimo ammissibile (u_{lim}) per gli scarichi nel corpo ricettore è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

4.1 INTERVENTI A CUI APPLICARE IL R.R. 7/2017

Nell'ambito degli interventi edilizi, di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001 n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), sono soggetti all'applicazione del principio di invarianza idraulica gli interventi:

- a. di ristrutturazione edilizia, come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito; ai fini del presente regolamento, non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico che rientrano nei requisiti dimensionali previsti al primo periodo dell'articolo 14, comma 6, del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 (Attuazione della direttiva 2012/27/ UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/ CE e 2006/32/CE);
- b. di nuova costruzione, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;
- c. di ristrutturazione urbanistica, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera f), del d.p.r. 380/2001;
- d. relativi a opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all'articolo 6, comma 1, lettera e-ter), del d.p.r. 380/2001, con una delle caratteristiche che seguono:
 1. di estensione maggiore di 150 mq;
 2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a, b o c;
- e. pertinenziali che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20 per cento del volume dell'edificio principale, con una delle caratteristiche che seguono:
 1. di estensione maggiore di 150 mq;
 2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a, b o c.

Sono inoltre soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi relativi alla realizzazione di:

- a. parcheggi, aree di sosta e piazze, con una delle caratteristiche che seguono:
 1. estensione maggiore di 150 mq;
 2. estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a, b o c;
- b. aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, qualora facenti parte di un intervento di cui sopra.

Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, sono esclusi dall'applicazione del presente regolamento:

- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale;
- gli interventi di ammodernamento, definito ai sensi dell'articolo 2 del R.R. 7/2006, ad eccezione della realizzazione di nuove rotatorie di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo "E – strada urbana di quartiere", "F – strada locale" e "F-bis – itinerario ciclopedonale", così classificate ai sensi dell'articolo 2 del d.lgs. 285/1992 (Nuovo codice della strada);
- gli interventi di potenziamento stradale, così come definito ai sensi dell'articolo 2 del R.R. 7/2006, per strade di tipo "E – strada urbana di quartiere", "F – strada locale" e "F-bis – itinerario ciclopedonale", così classificate ai sensi dell'articolo 2 del d.lgs. 285/1992;
- la realizzazione di nuove strade di tipo "F-bis – itinerario ciclopedonale".

4.2 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DELLE DOMANDE ED ITER AMMINISTRATIVO

Gli elaborati progettuali andranno presentati informato elettronico e solo a richiesta in formato cartaceo.

La documentazione completa di tutti gli elaborati, come specificato nei successivi capitoli, andrà presentata dal proponente all'Area/Unità responsabile dell'istruttoria tecnica-amministrativa per l'intervento soggetto all'applicazione del principio di invarianza idraulica.

L'Area/Unità responsabile del procedimento, accertata la completezza di tutta la documentazione, la trasmetterà all'Area Risorse Idriche ed Igiene Ambientale, referente della procedura di Invarianza Idraulica, specificando se il progetto prevede la realizzazione di opere di urbanizzazione e/o opere aggiuntive che rimarranno, una volta realizzate, di proprietà dell'Amministrazione comunale.

Nel caso in cui non ve ne fossero, l'Area Risorse Idriche ed Igiene Ambientale, dopo averne analizzato i contenuti emetterà parere, entro 45 gg da che avrà ricevuto la documentazione.

Nel caso in cui vi fossero opere che rimarranno in capo al Comune, l'Area Risorse Idriche ed Igiene Ambientale, di concerto con l'Area/Unità responsabile dell'istruttoria, provvederà a convocare una Conferenza dei Servizi per la disamina congiunta della documentazione e verificare la rispondenza del progetto ai dettami dell'amministrazione in materia di viabilità, verde ed arredo urbano, acquedotto e fognatura, ed ogni altra componente interferente.

La verifica tecnico-economica delle opere di invarianza idraulica, sia dei sistemi di infiltrazione quali pozzi e sistemi geocellulari, sia delle zone umide, saranno poste in carico ad MM S.p.A., gestore del S.I.I., che successivamente le prenderà in carico.

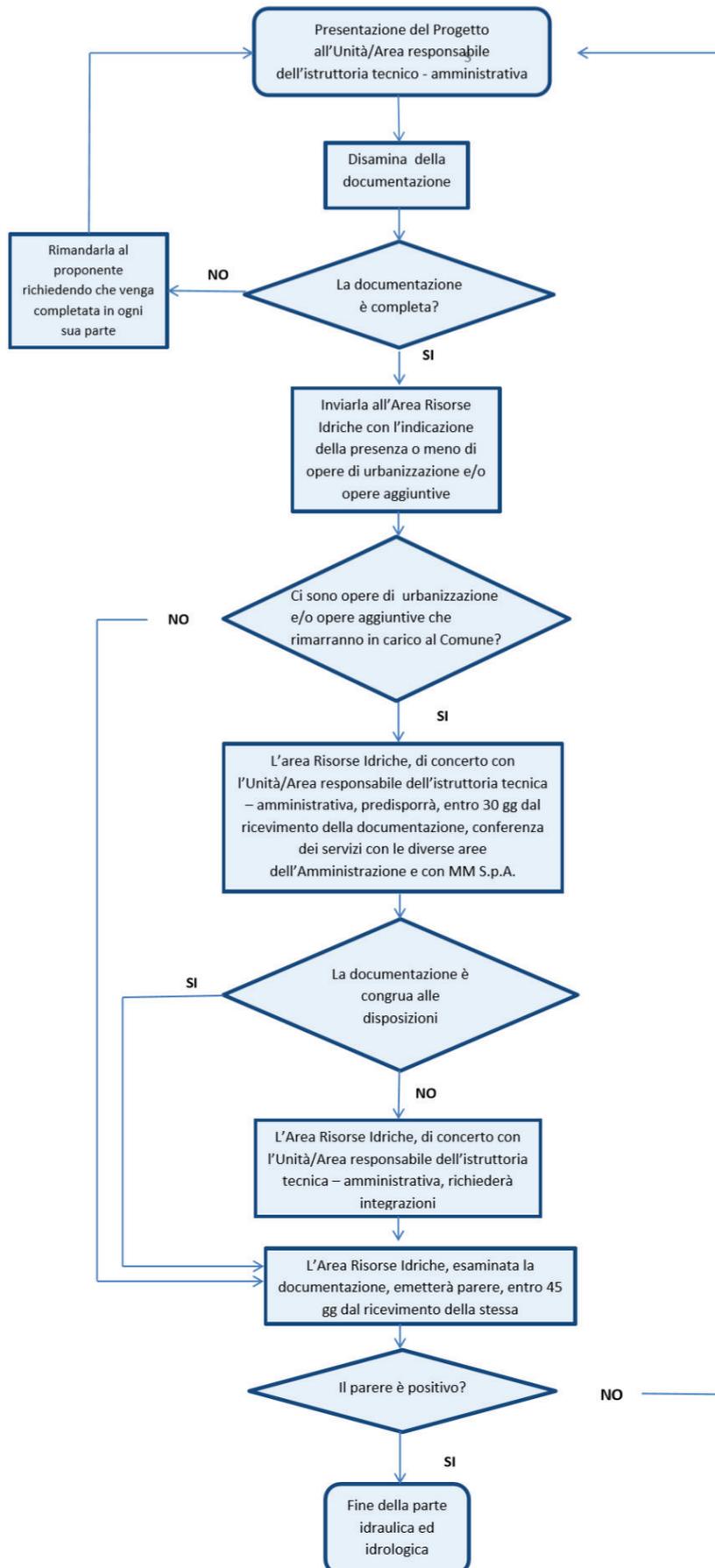
L'Area Verde, Agricoltura e Arredo Urbano del Comune provvederà a verificare la compatibilità del sistema proposti con il disegno del verde e le interferenze con le alberature e le aree attrezzate, oltre ad effettuare la verifica tecnico economica delle opere a verde

Alla Conferenza dei Servizi verrà invitata anche MM S.p.A., a cui competerà l'alta sorveglianza in fase di costruzione e collaudo delle opere, oltre che alla futura gestione dell'opera di invarianza idraulica.

Se necessario saranno richieste al proponente opportune integrazioni con indicazione delle le tempistiche entro cui esse andranno presentate all'Area/Unità responsabile dell'istruttoria tecnica-amministrativa. L'Area Risorse Idriche ed Igiene Ambientale provvederà a mettere parere entro 45 gg dal ricevimento della documentazione.

In entrambi i casi, sia che vi siano opere che rimangano in capo all'Amministrazione, sia che non ve ne siano, il parere con esito positivo completerà l'istruttoria per la parte inerente l'idraulica e l'idrogeologia. Con parere negativo, l'Area Risorse Idriche ed Igiene Ambientale restituirà all'Area/Unità responsabile dell'istruttoria tecnica - amministrativa l'incartamento, con le motivazioni del respingimento. L'Area interessata deciderà se far integrare o ripresentare ex novo tutta la documentazione. Il parere comprenderà anche l'asseverazione dei computi metrici estimativi per le opere comunali.

Di seguito il flow chart esemplificativo del processo:



4.3 CONTENUTI DEI PROGETTI

È di primaria importanza che i contenuti dell'elaborato contribuiscano a dimostrare che, per effetto delle nuove impermeabilizzazioni del suolo, **non viene aggravata l'entità del deflusso**, che cioè dimostrino che non viene scaricata una portata maggiore di quella ammissibile dal regolamento.

In ogni caso, i contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere commisurati alla complessità dell'intervento da progettare. Nella successiva Tabella 4-1 è riportata la classificazione degli interventi in relazione della superficie interessata dall'intervento e al coefficiente di deflusso medio dell'intervento.

Tabella 4-1: Modalità di calcolo a seconda della classe di intervento nel Comune di Milano (R.R: 7/2017 Tabella 1 Art. 9)

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO per ambito territoriale Classe A (articolo 7)
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)
		da $> 0,1$ a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)
		> 10 ha allegato G) (> 100.000 mq)	qualsiasi	

Classe di intervento con impermeabilizzazione potenziale alta e media (Classi 2 e 3)

Nei casi di impermeabilizzazione potenziale alta e media, di cui alla Tabella 4-1, e quindi nei casi in cui non si applicano i requisiti minimi, il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve essere corredato con i calcoli, le valutazioni, i grafici e i disegni effettuati a livello di dettaglio corrispondente ad un progetto almeno definitivo, osservando le procedure e metodologie di cui all'articolo 11 e deve contenere i seguenti elementi:

- a) relazione tecnica comprendente:
 1. descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo; la descrizione dovrà anche fornire un inquadramento del sito dal punto di vista del contesto urbanistico in cui il sistema di drenaggio va ad inserirsi (parco, piazza, strada, piano attuativo, GFU, etc..), del contesto idrogeomorfologico (permeabilità del suolo e soggiacenza della falda, vicinanza ad un corpo idrico recettore, la morfologia del territorio, vicinanza alle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile, presenza di aree soggette ad allagamento, presenza di infrastrutture nel sottosuolo quali metropolitane, passante ferroviario e locali interrati, presenza di procedure di bonifica in

atto) e del contesto paesaggistico ed ecologico. Si potrà fare riferimento all'apposito [Mapping Tool](#)⁴ nel Geoportale del Comune di Milano. Dovranno essere presentate:

- Tavola di inquadramento rispetto al reticolo idrico e relative fasce di rispetto sufficientemente estesa da individuare tutte le soluzioni progettuali alternative ed in scala adeguata;
 - Tavola di inquadramento rispetto a tutti i possibili vincoli ambientali di ordine locale e sovralocale (fasce di rispetto pozzi idropotabili, fasce PGRA ...) in scala adeguata;
 - Analisi dell'andamento locale della falda freatica con determinazione della minima soggiacenza rispetto al p.c. e all'opera di invarianza idraulica. Dovrà essere individuata la massima escursione attesa attraverso l'analisi di misure dei livelli di falda nel tempo nei piezometri ubicati in un'area circostante sufficientemente ampia da avere un inquadramento completo dell'area. A tal fine è possibile utilizzare come riferimento progettuale per la progettazione delle opere di invarianza la piezometria ottenuta dall'involuppo dei massimi livelli di falda registrati nel periodo 1950-2020;
2. calcolo delle precipitazioni di progetto;
 3. calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;
 4. calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
 5. calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;
 6. calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
 7. dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili del presente regolamento;
 8. computo metrico estimativo;
- b) documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni, particolari costruttivi:
- Planimetria generale in scala adeguata dell'area oggetto dell'intervento nello stato di fatto e nella configurazione di progetto (ISO A3 420x297 mm con scala grafica e numerica);
 - Sezione trasversale e longitudinale dei costruendi edifici in scala adeguata con indicazione del piano campagna. In caso di demolizione dovrà essere indicato lo stato di fatto e quello di progetto, con chiare indicazioni di quanto verrà modificato (ISO A3 420x297 mm con scala grafica e numerica);
- c) piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e di recapito nei ricettori. Nel piano di manutenzione dovranno essere indicate anche eventuali prescrizioni relative all'area (p.e. per le opere di infiltrazione è previsto il divieto di utilizzo del sale in caso di ghiacciate)
- d) asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'allegato E del regolamento.

4.3.1 Classe di intervento 1

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale bassa (Classe 1), ovvero interventi con superficie compresa tra 300 mq e 1.000 mq (da > 0,03 a ≤ 0,1 ha) e coefficiente deflusso medio ponderale ≤ 0,4, ovvero nei casi in cui

⁴ <https://geoportale.comune.milano.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=28bf5f0de6814af292b5b9ecef0f110a>

si applicano i requisiti minimi di cui all'articolo 12, comma 2, il progetto di invarianza idraulica e idrologica può limitarsi a contenere gli elementi di cui sopra, lettera a), numeri 1, 5, 6, 7 e alle lettere b), c) e d).

4.3.2 Classe di intervento 0

Nei casi di interventi con superficie minore o uguale a 300 mq, indipendentemente dal grado di impermeabilizzazione potenziale (Classe 0):

- a) se viene adottato il requisito minimo indicato nell'articolo 12, comma 1, lettera b), il progetto di invarianza idraulica e idrologica contiene almeno gli elementi alla lettera a), numeri 1, 5, 6, 7 e alle lettere b), c) e d);
- b) se viene adottato il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a), non è necessaria la redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica, purché il progettista dichiari, con specifico atto, che è stata applicata tale casistica.

4.4 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le metodologie di calcolo per il dimensionamento e la verifica di opere di invarianza idraulico-idrologica si applicano nel rispetto del limite indicato al R.R. 7/2017 e s.m.i. che per il Comune di Milano risulta essere pari a 10 l/s per ettaro di superficie impermeabile.

Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica descritto nei paragrafi precedenti, gli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi riportate in Tabella 4-1, a seconda di:

1. della superficie interessata dall'intervento (superficie di trasformazione) (A_{tot}) e
2. del coefficiente di deflusso medio ponderale (ϕ_{mp}).

In relazione alla classe di intervento il calcolo dei volumi dovrà essere fatto sulla base di Tabella 4-1. Per maggiori dettagli si faccia riferimento agli esempi di calcolo riportati in Allegato al R.R. 7/2017:

- Classe 0 e 1: Requisiti minimi;
- Classe 2: Metodo delle sole piogge;
- Classe 3: Procedura dettagliata.

Nella redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere rispettati gli elementi descritti nei successivi paragrafi.

4.4.1 Tempi di ritorno

Gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare il valore di portata limite assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

- Tempo di ritorno pari a 50 anni per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica affinché venga rispettato un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.
- Tempo di ritorno pari a 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere.

Il medesimo tempo di ritorno (100 anni) è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

4.4.2 Calcolo della precipitazione di progetto

I parametri caratteristici (a, n) delle curve di possibilità pluviometrica (LSPP) per durate della precipitazione 1-24 ore oppure 1-5 giorni necessarie per la determinazione delle precipitazioni di progetto possono essere

ricavati dal sito dell'ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale⁵ (Figura 4-1). Possono tuttavia essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità come prescritto dal regolamento.

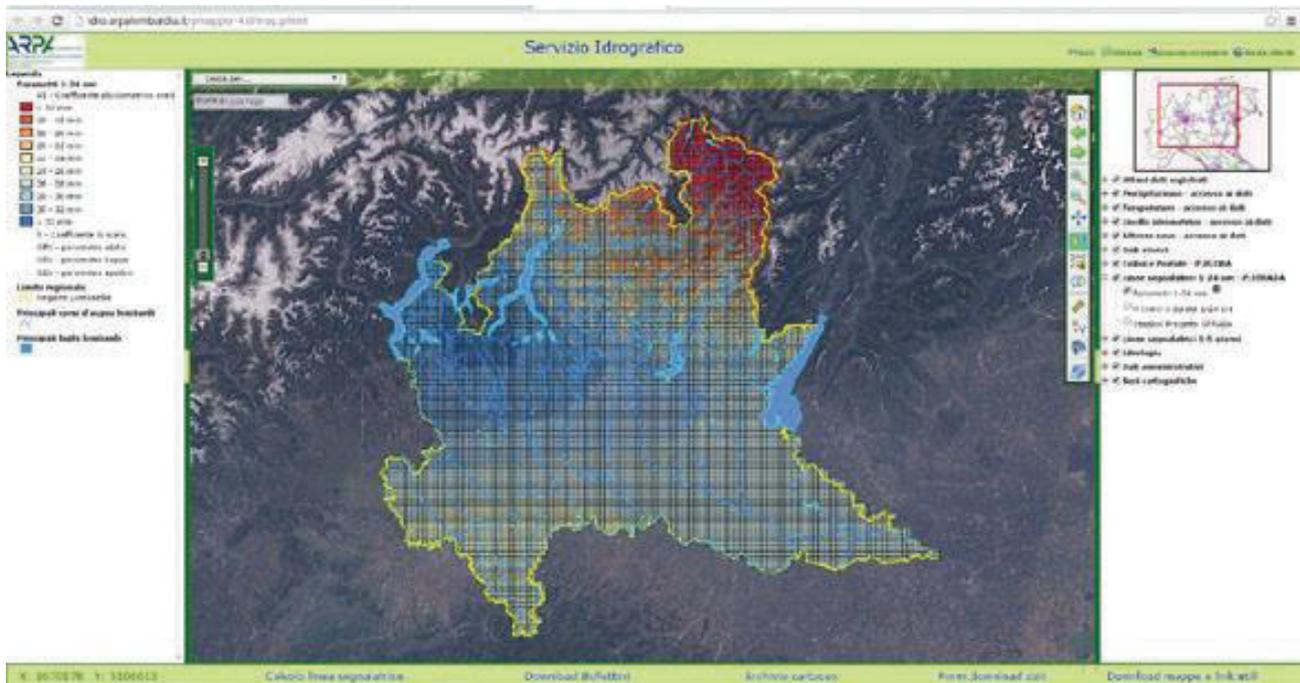


Figura 4-1: Distribuzione dei parametri a_1 e n della LSPP (1-24 ore) sul territorio della regione Lombardia (Progetto STRADA).

Nello specifico sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri a_1 e n della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km. In questo caso la formulazione di base della LSPP è espressa dalla [1].

$$h(d, T) = a_1 \cdot w_T \cdot d^n \quad [1]$$

L'altezza di precipitazione (h) è funzione della durata dell'evento meteorico (d) e del tempo di ritorno della precipitazione (T) per mezzo w_T che rappresenta il quantile regolarizzato secondo la distribuzione statistica GEV. Il valore di a della LSPP è definito dal prodotto tra a_1 e w_T . Il quantile regolarizzato w_T è funzione di alcuni parametri statistici (α , κ , ε) della distribuzione di probabilità GEV [2]), questi ultimi mappati con la stessa risoluzione di a_1 e n per l'intero territorio regionale e disponibili in formato raster sempre sul sito di ARPA.

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^n \right\} \quad [2]$$

Poiché i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

⁵ I parametri relativi alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica 1-24 ore e 1-5 gg sono liberamente disponibili in formato raster sul sito dell'ARPA Lombardia alla pagina web http://idro.arpalombardia.it/manual/dati_link.html.

4.4.3 Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_{mp}

La valutazione delle perdite per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione può essere effettuata (secondo l'impostazione del regolamento) adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_{mp} :

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_{mp} è ricavato mediante l'equazione:

$$\phi_{mp} = \frac{A_1 \cdot \phi_1 + A_2 \cdot \phi_2 + A_3 \cdot \phi_3}{A_{tot}} \quad [3]$$

dove A_1 , A_2 e A_3 sono le aree delle tre sotto-aree aventi rispettivamente i coefficienti di deflusso ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 . A_{tot} deve logicamente coincidere con la somma di A_1 , A_2 e A_3 . La superficie di trasformazione impermeabile è quindi data dal prodotto tra ϕ_{mp} e A_{tot} .

Combinando l'entità di A_{tot} e il valore di ϕ_{mp} , si determina la metodologia di calcolo da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulico-idrologica.

4.4.4 Calcolo del volume d'invaso

Secondo il regolamento, il calcolo del volume deve essere riportato per esteso nella relazione del progetto di invarianza idraulica. Il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica è il **maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo** definito al Par. 4.4.4.1.

4.4.4.1 Requisiti minimi

Nel caso specifico del Comune di Milano, per interventi di **Classe 0**, aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 mq ($\leq 0,03$ ha) e coefficiente deflusso medio ponderale qualsiasi, il requisito minimo richiesto consiste in alternativa:

- a) nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima;
- b) nell'adozione del requisito minimo di **400 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile** dell'intervento.

Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa (**Classe 1**), ovvero con superficie interessata dall'intervento tra 300 mq e 1.000 mq (da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha) e coefficiente deflusso medio ponderale $\leq 0,4$, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, aventi volume minimo pari a **800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile**.

4.4.4.2 Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge fornisce una valutazione del volume d'invaso dell'opera di mitigazione sulla base della sola conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dall'opera stessa ($Q_{u,lim}$). Con questo metodo viene trascurata completamente, ad

eccezione delle perdite idrologiche, la trasformazione afflussi-deflussi che si realizza nell'area scolante a monte dell'opera. Con questa ipotesi semplificativa il volume entrante nell'invaso (W_e) per effetto di una pioggia di durata (d) è pari a:

$$W_e = S_{tot} \cdot \phi_{mp} \cdot a \cdot d^n \quad [4]$$

Il volume in uscita (W_u) dall'invaso sarà invece pari a:

$$W_u = Q_{u,lim} \cdot d \quad [5]$$

Il volume invasato (W_d) sarà dato dall'Equazione 7.

$$W_d = (W_e - W_u) = (S_{tot} \cdot \phi_{mp} \cdot a \cdot d^n - Q_{u,lim} \cdot d) \quad [6]$$

Il volume da assegnare all'invaso è il valore massimo di W (di seguito indicato con W_m), che si ottiene per una precipitazione di durata critica (d_c).

La determinazione analitica di D_{cW} e W_0 avviene attraverso le seguenti:

$$D_{cW} = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S_{tot} \cdot \phi_{mp} \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [7]$$

$$W_{m0} = S_{tot} \cdot \phi_{mp} \cdot a \cdot D_{cW}^n - Q_{u,lim} \cdot D_{cW} \quad [8]$$

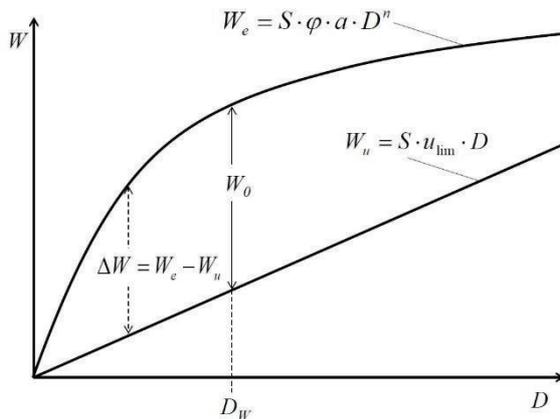


Figura 4-2: definizione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione con il metodo delle sole piogge

4.4.4.3 Procedura dettagliata

La procedura dettagliata prevede uno studio idrologico del deflusso sulla superficie di trasformazione che deve essere condotto facendo riferimento ai tradizionali modelli afflusso-deflusso riportati in letteratura. Nel regolamento è citato (solo a titolo esemplificativo) il metodo cinematico (altresì detto della corrivazione) con ietogramma Chicago e infiltrazione secondo il modello di Horton. È possibile ricorrere anche ad altre metodologie se ben dettagliate. In generale sarà necessario:

- la definizione della pioggia e dello ietogramma di progetto;
- il calcolo del processo di infiltrazione;
- la determinazione dell'idrogramma di progetto;
- il calcolo del volume di invaso.

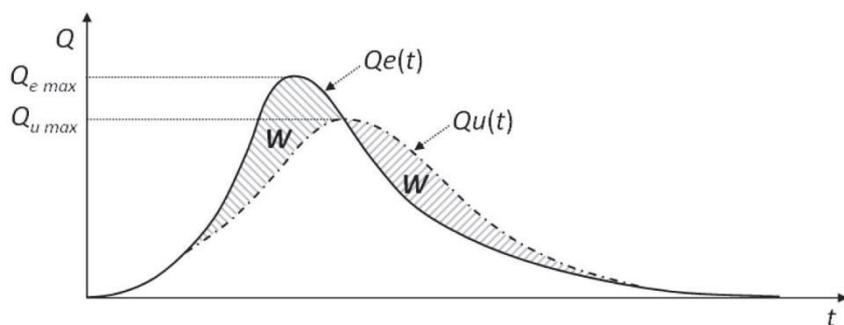


Figura 4-3: definizione del volume di invaso mediante la procedura dettagliata

4.4.5 Capacità di infiltrazione

Il dimensionamento delle strutture di infiltrazione deve discendere da un progetto idraulico dettagliato e specifico basato sui parametri geologici ed idrogeologici effettivi del sito di interesse che, in funzione dell'importanza dell'intervento, possono essere calcolati e ricavati da adeguate indagini idrogeologiche sito specifiche e prove di dettaglio, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F del R.R. 7/2017.

In particolare qualora si intenda avvalersi della riduzione del 30% del requisito minimo del volume di laminazione, indicata nell'art. 11, comma 2, lett. e), numero 3, i parametri geologici ed idrogeologici da assumere nel calcolo devono derivare da un piano di prove di permeabilità in sito programmate sulla conoscenza dell'assetto geologico ed idrogeologico (natura e stratigrafia del sottosuolo, possibili problematiche di instabilità o sprofondamento, profondità della falda, presenza di livelli impermeabili e/o molto permeabili). La consistenza del piano di permeabilità in sito (numero e tipologia di indagini) e la sua estensione areale sono da valutare e progettare anche in base alla tipologia di intervento (infiltrazione superficiale, infiltrazione profonda, areale vasto interessato o elemento puntuale, ecc.) data la forte variabilità e l'entità numerica delle variazioni (ordini di grandezza) dei parametri geologici e idrogeologici, che influenzano in maniera fondamentale la progettazione delle opere di infiltrazione.

Le prove in sito (con pozzetti superficiali, infiltrometro a disco o ad anello, nei fori di sondaggio (Lefranc), piezocono (CPTU), dilatometro (DTM), prove di pompaggio) sono ampiamente utilizzate nella pratica idrogeologica e normate da specifiche procedure tecniche.

È necessario tener conto che, oltre alla natura del suolo e degli eventuali dreni artificiali, ulteriori fatti possono limitare anche notevolmente, o addirittura azzerare nel tempo, la capacità di infiltrazione:

- presenza di una falda o di strati impermeabili a debole profondità;
- progressiva riduzione della capacità di infiltrazione causata dall'occlusione indotta dalle sostanze solide trasportate dalle acque pluviali e dallo sviluppo di biomasse adese alle particelle del terreno.

Prudenzialmente, quindi, nei calcoli di dimensionamento delle opere di infiltrazione è opportuno riferirsi al valore minimo asintotico f_c dopo che sia sostanzialmente terminato il processo di saturazione del suolo, pari al coefficiente di permeabilità k dei terreni saturi. Tanto più che l'evento meteorico intenso può avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo.

La capacità di infiltrazione a lungo termine f_c varia per i diversi tipi di suolo tra circa 20 mm/ora e circa 2 mm/ora, valori che, cambiando unità di misura (1,0 mm/ora = 2,778 l/(s·ha)), corrispondono rispettivamente a portate di infiltrazione di circa 55 l/ (s·ha) e circa 5,5 l/(s·ha).

Se, quindi, sulla base dei dati sopra riportati, si considera che una pioggia intensa di elevato tempo di ritorno può raggiungere durante la fase di picco intensità anche maggiori di 200 mm/ora, si può subito comprendere come l'infiltrazione, a parità di superficie investita dalla pioggia e di infiltrazione, sia atta a disperdere al più

1/10 della punta di portata di pioggia in arrivo, per i suoli più permeabili, e al più 1/100 della punta di portata di pioggia in arrivo, per i suoli meno permeabili.

Pertanto, come ordine di grandezza, data una determinata superficie impermeabile S_{imp} , per disperdere con l'infiltrazione l'intera portata di pioggia di arrivo, occorre convogliare la pioggia raccolta su una superficie disperdente pari al minimo a 10 volte la superficie S_{imp} , per i suoli più permeabili, e al minimo 100 volte la superficie S_{imp} , per i suoli meno permeabili.

Da ciò emerge come le prestazioni dei terreni di origine naturale siano, generalmente, inadeguate in termini di capacità di infiltrazione delle punte massime di pioggia. Pertanto, tutti i sistemi di infiltrazione (cunette, aree di laminazione/infiltrazione, pozzi perdenti, ecc.) devono essere adeguatamente e attentamente progettati, in funzione delle caratteristiche proprie dei suoli esistenti (alle diverse profondità di progetto) e secondo le indicazioni di letteratura, in termini di progettazione degli opportuni strati filtranti.

Tutto ciò implica che l'infiltrazione, che, come più volte affermato, è comunque sempre auspicabile in relazione alle finalità di riequilibrio idrologico dei bacini urbanizzati, sempre che non sussistano le prime citate cause di esclusione, debba essere accompagnata nella maggioranza dei casi da opere di laminazione che consentano di accumulare temporaneamente le portate pluviali degli eventi intensi che non riescono ad essere scaricate per infiltrazione.

La riduzione della capacità di infiltrazione può infatti giungere a limitare o vanificare rapidamente gli effetti favorevoli riscontrati nelle prime fasi di vita delle strutture di infiltrazione. Inoltre il ripristino della primitiva capacità di infiltrazione può risultare molto difficile, soprattutto se le strutture di infiltrazione sono a carico del singolo lotto e quindi molto diffuse, di piccola dimensione e di gestione caratterizzata da scarsa affidabilità.

Il progetto dovrà in ogni modo valutare la possibile interferenza dell'infiltrazione:

- con le fondazioni e i piani interrati degli edifici esistenti (la distanza minima prevista è di 3 metri);
- con la stabilità dei versanti o del sottosuolo, ovvero il progetto deve accertare che le infiltrazioni non contribuiscano all'instabilità di versanti franosi o alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini;
- con la prossimità di un'infrastruttura viaria, la cui capacità portante non dovrà essere compromessa.;
- con le alberature presenti. La distanza minima dalla luce netta di qualsiasi scavo al filo del tronco non può essere inferiore a:
 - 5 metri per gli esemplari monumentali o di pregio con circonferenza maggiore di 250 cm e per i soggetti di *Platanus* con circonferenza maggiore di 120 cm;
 - 3 metri per le piante non incluse nel punto precedente.

4.4.6 Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione

In funzione delle portate uscenti dall'invaso di laminazione $Q_{u,lim}$ (nel rispetto della portata limite ammissibile) e Q_{inf} (portata di infiltrazione calcolata con i criteri prima esposti), il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento, a partire dal massimo invaso W_{lam} , è pari a:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_{u'} + Q_{inf}} \quad [9]$$

Il tempo di svuotamento degli invasi secondo i volumi calcolati **non deve in generale superare le 48 ore**, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume minimo previsto.

Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale riempimento degli invasi, il progetto deve valutare il rischio sui beni insediati e prevedere misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

4.4.7 Dimensionamento del sistema di scarico terminale nel ricettore

Lo scarico nel ricettore a valle dell'invaso deve comunque rispettare i valori delle portate massime ammissibili di **10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile**. Nel caso in cui lo scarico avvenga per sollevamento, la portata da sollevare è pari al massimo a quella massima ammissibile, mentre nel caso in cui lo scarico avvenga a gravità, il diametro della tubazione di scarico dell'invaso è calcolato verificando che in condizioni di invaso massimo la portata scaricata non sia maggiore della portata massima ammissibile).

Il manufatto idraulico per la regolazione e restituzione al ricettore della portata di acque meteoriche ammessa al recapito deve essere costituito da un pozzetto a doppia camera, o comunque tale da consentire l'ispezionabilità dello scarico e la misura delle portate scaricate e delle tubazioni di collegamento con il ricettore. In ogni caso, il sistema di smaltimento delle acque delle opere d'invarianza idraulica deve essere predisposto in modo autonomo rispetto a quello dello scarico eventualmente esistente in modo che ne sia possibile il controllo separato.

Per gli scarichi a gravità, il diametro del tubo di collegamento tra la vasca di laminazione e il pozzetto di ispezione deve essere calcolato in funzione della portata massima ammissibile allo scarico. Il diametro della tubazione di scarico non dovrà essere inferiore a 200 mm in modo da evitare possibili intasamenti che comprometterebbero il corretto funzionamento dell'opera. Per poter garantire un valore di portata scaricata in linea con quanto definito dal regolamento potrà essere inserita nel pozzetto a valle dell'opera di laminazione una bocca tarata, dimensionata sulla base dei tiranti e dei gradienti idraulici di progetto.

Qualora il diametro delle luci di scarico risulti essere di dimensioni ridotte, il pericolo di occlusione deve essere tenuto presente nel piano di manutenzione ed un periodico controllo del tubo di collegamento deve essere fatto con cadenza tanto maggiore quanto minore è il suo diametro.

Gli scarichi a gravità devono essere equipaggiati con dispositivi atti ad impedire che gli eventuali stati di piena o sovraccarico del ricettore possano determinare rigurgiti nelle strutture di infiltrazione e laminazione preposte all'invarianza idraulica e idrologica. Sia con scarichi a gravità che per sollevamento, si devono evitare disfunzioni dello scarico dell'invaso di laminazione, con conseguente prolungamento dei tempi di svuotamento e quindi con la possibilità di stato di pre-riempimento dell'invaso in un evento successivo tale da non rendere disponibile il volume minimo necessario.

4.5 PIANI DI MANUTENZIONE

Il Piano di manutenzione è parte integrante del progetto di invarianza idraulica. La manutenzione, infatti, è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli interventi di supporto necessari all'attecchimento delle specie vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Gli interventi di manutenzione ordinaria a seguito anche di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a seguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti possono essere:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- taglio selettivo delle specie vegetali;
- eliminazione di eventuali specie infestanti;
- reintegro e sostituzione delle specie morte;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.).

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio possono essere:

- pulizia e smaltimento rifiuti;
- rimozione e smaltimento detriti;
- ripristino dei substrati filtranti danneggiati dal trasporto solido o da altre cause;
- reintegro e sostituzione delle specie vegetali eventualmente danneggiate;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.);
- rimessa in servizio dell'infrastruttura verde.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per tale ragione nelle schede di manutenzione dovranno essere indicati anche i nomi dei progettisti e degli esecutori delle opere che potranno, in caso di dubbio, indicare la modalità migliore di intervento nel caso non sia già indicata nel programma periodico. Per opere di particolare importanza, o qualora il processo di progettazione abbia consentito una partecipazione efficace in grado di coinvolgere i cittadini nella manutenzione, potrà essere indicato anche il nome dell'esperto/cittadino incaricato di svolgere la manutenzione o portatore di conoscenza.

Nel piano di manutenzione dovranno anche essere indicate eventuali prescrizioni previste nell'area di drenaggio afferente all'opera di invarianza idraulica. Per esempio, qualora si prevedesse l'infiltrazione in aree verdi delle acque di prima pioggia, preventivamente trattate con disoleatore e dissabbiatore, bisognerà prevedere, in caso di ghiacciate, l'utilizzo di soluzioni differenti allo spargimento del sale non è compatibile con l'infiltrazione in aree verdi. Altresì non è consigliato l'utilizzo di sabbia/ghiaia se non preceduto da un dissabbiatore.

In generale, i sistemi di drenaggio urbani pubblici saranno gestiti dal S.I.I., mentre l'Area Verde, Agricoltura e Arredo Urbano eseguirà solo interventi manutentivi standard ordinari del "verde". Andranno definiti per ogni singolo progetto pubblico chi avrà in gestione le singole componenti dei sistemi di drenaggio.

4.6 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Il computo metrico delle opere dovrà essere redatto utilizzando l'elenco prezzi della Regione Lombardia vigente al momento della presentazione del Progetto. Nel caso in cui, le voci non fossero presenti si dovranno utilizzare elenchi di altre regioni e/o comune, purché aggiornati e legalmente in corso di validità. In ultimo, laddove le voci fossero mancanti in ogni prezzario, si potrà ricorrere all'analisi di prezzi aggiunti e, in questo caso, la stima dovrà essere corredata da una relazione riportante l'analisi.

4.7 FASE REALIZZATIVA E GESTIONE SUCCESSIVA. INDICAZIONI DI MASSIMA PER LE INFRASTRUTTURE COMUNALI.

Per le infrastrutture, derivanti da opere di urbanizzazione e/o opere aggiuntive, che rimarranno in capo all'Amministrazione Comunale, al momento del rilascio del titolo di attuazione, dovrà essere specificato che in fase di esecuzione e collaudo l'alta sorveglianza sarà in capo ad MM S.p.A. e contestualmente sarà indicato il nominativo del sorvegliante. Successivamente MM S.p.A. prenderà in carico i manufatti e gli impianti dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche, anche quelli presenti nelle aree a verde pubblico, compresi i pozzi disperdenti e le trincee drenanti.

La gestione e la manutenzione dei sistemi di drenaggio urbano, ad opera completata, sarà in capo ad MM S.p.A., che ne curerà l'esecuzione a nome e per conto del Comune, attuando la manutenzione ordinaria, straordinaria e in caso di atti vandalici, così come previsto dal piano presentato in fase di progetto e seguendo le operazioni di cui al precedente Par. 4.5.

5 CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE

Il R.R. 07/2017 prevede che il controllo e la gestione delle acque pluviali venga effettuato, ove possibile, mediante sistemi di drenaggio urbano sostenibile, i cosiddetti SuDS, che prevedono lo smaltimento dei volumi invasati secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- A. **mediante il riuso dei volumi stoccati**, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, lavaggio di pavimentazioni e auto;
- B. **mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo**, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;
- C. **mediante lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale**, con il limite di portata pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (Area A);
- D. **mediante lo scarico in fognatura**, con il limite di portata pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (Area A).

I sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) assolvono un insieme diversificato di funzioni: quelle propriamente connesse alla gestione delle portate idriche e quelle legate al miglioramento della qualità delle acque e del paesaggio. Ogni tipologia di opera può avere una o più funzioni dominanti, ma un'attenta progettazione può inserire molteplici funzioni, aumentando le prestazioni degli interventi.

I SuDS possono essere classificati in relazione alle seguenti funzioni:

- funzione idraulica;
- capacità depurativa.

Queste caratteristiche sono organizzate e riassunte in *Tabella 6-2* nella quale si può prendere visione delle principali caratteristiche idrauliche e tecniche dei dispositivi e avere al contempo un'immediata valutazione del loro comportamento.

Bisogna tuttavia precisare che i benefici idraulici apportati dall'utilizzo diffuso di sistemi sostenibili di drenaggio urbano vanno ad intercettare circa i primi 10 mm di pioggia, ovvero precipitazioni con tempo di ritorno dai 2 ai 5 anni, che tuttavia costituiscono più dell'80% dei volumi di pioggia annui. Per tale motivo contribuiscono ad una messa in sicurezza del territorio nei confronti di precipitazioni non eccezionali, ma forniscono diversi servizi ecosistemici oltre a quello dell'allontanamento delle acque di pioggia, quali: raffrescamento e miglioramento climatica, regolazione idrica per la vegetazione, recupero e riutilizzo delle acque, controllo dell'erosione e trattenimento dei sedimenti, bilanciamento cicli dei nutrienti, riduzione carico inquinante sfruttando i processi naturali, aumento biodiversità, produzione di biomasse, aumento delle aree ricreative e multifunzionali oltre ad incrementare l'educazione ambientale.

5.1 FUNZIONE IDRAULICA

Le funzioni dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile possono essere classificate in diverse categorie in relazione alla funzione idraulica da essi svolta:

1. **Riutilizzo:** sistemi che prevedono l'accumulo di acqua che può essere riutilizzata successivamente all'evento meteorico. Alcuni esempi di questo tipo di sistemi sono le cisterne.
2. **Infiltrazione:** sistemi che svolgono principalmente la funzione di potenziamento delle capacità di infiltrazione dei deflussi verso il sottosuolo o di trattenimento delle acque nel suolo. Le acque accumulate vengono generalmente smaltite mediante infiltrazione ed evaporazione. Tali sistemi

contribuiscono alla ricarica degli acquiferi. Alcuni esempi di questo tipo di sistemi sono i rain garden, i pozzi e le trincee di infiltrazione e i suoli liberi.

3. **Laminazione:** sistemi nei quali i deflussi o parte di essi vengono temporaneamente invasati e rilasciati attraverso gli scarichi nel sistema di drenaggio di valle, con portata limitata nei limiti prescritti dalla normativa, oppure infiltrati. 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. Possono venire progettati per mantenere all'interno un certo volume di acque con una vasca permanente che consente lunghi tempi di residenza idraulica, permettendo così di raggiungere elevati rendimenti di rimozione degli inquinanti, oppure possono essere progettati in maniera da svuotarsi completamente. Alcuni esempi di questo tipo di sistemi sono le vasche e i bacini di laminazione, rinaturalizzazioni fluviali, aree allagabili, stagni di ritenuta, rain garden.

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

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

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).

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. 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.

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 assoluta 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 invasate mediante sistemi vegetati (wetlands, cunette vegetate, filter strips). Scarico anche per infiltrazione.

5.2 CONTROLLO DEI CONTAMINANTI

L'inquinamento associato alle acque di scorrimento superficiale di aree urbanizzate è riconosciuto come una delle principali cause di alterazione della qualità dei corpi ricettori. Infatti, nelle aree urbane le acque meteoriche dilavano un miscuglio eterogeneo di sostanze disciolte, colloidali e sospese. Una parte significativa del carico inquinante delle acque di pioggia deriva dal dilavamento atmosferico ed è connesso alle emissioni gassose industriali e civili, al traffico veicolare, alle particelle movimentate dal vento. Inoltre, una a volta terra, l'acqua di pioggia scorre sulle superfici impermeabili e opera il dilavamento e il trasporto in fognatura delle sostanze inquinanti che si depositano nei periodi di tempo secco: principalmente, solidi sedimentabili (organici e inorganici), nutrienti, oli e metalli pesanti. Nell'ambito del processo di drenaggio delle acque meteoriche le cosiddette "acque di prima pioggia" sono costituite dal volume d'acqua meteorica di scorrimento defluito durante la prima parte della precipitazione e sono caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti.

In generale i SuDS sono in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica. Il controllo degli inquinanti da parte dei SuDS generalmente vede l'attenuazione dei solidi sospesi, dei nutrienti e dei metalli pesanti.

In particolar modo i dispositivi con presenza di particelle argillose forniscono un grande aiuto per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione invece garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti. Tuttavia, la capacità di rimozione degli inquinanti è molto variabile e dipende in primo luogo dalla densità della vegetazione e dai tempi di contatto. È quindi importante che da un lato si esalti al massimo questo fenomeno modificando opportunamente le caratteristiche dello strato filtrante, dall'altro si deve rinnovare periodicamente (indicativamente almeno una volta ogni 10 anni) lo strato filtrante per minimizzare il rischio che gli inquinanti trattenuti siano rimobilizzati e quindi rilasciati in falda.

Sebbene la normativa vigente a livello nazionale e regionale non preveda esplicitamente il trattamento delle acque di prima pioggia, se non nei specifici casi elencati all'Art. 3 della L.R. n. 4/2006, date le caratteristiche qualitative delle acque di dilavamento urbano, ed in particolare quello stradale, si ritiene opportuno prevedere dei sistemi di controllo delle sostanze inquinanti prima dell'infiltrazione nel sottosuolo, disoleatore/dissabbiatore, oppure la separazione delle acque di prima pioggia da quelle di seconda pioggia, al fine di inviare le prime alla depurazione e prevedere l'infiltrazione solamente di queste ultime.

6 SCHEDE TIPOLOGICHE DEI SISTEMI SUDS

Nel presente capitolo sono sinteticamente presentati i principali SuDS utilizzabili sul territorio comunale con alcune indicazioni tecniche per la loro realizzazione nel rispetto degli obiettivi e dei limiti indicati dal regolamento regionale sull'invarianza idraulico-idrologica.

I sistemi sono raggruppati in primo luogo in relazione alla loro funzione idraulica, così come descritto al Capitolo 5, ovvero secondo l'ordine decrescente di priorità indicato nel R.R. 7/2017, e in secondo luogo in relazione alla loro estensione:

1. **riutilizzo**, quali cisterne e serbatoi per la raccolta e il riutilizzo delle acque meteoriche per il semplice innaffiamento dei giardini, il lavaggio di cortili, pavimentazioni, auto o il riutilizzo in ambiente domestico (sanitari e lavatrici). Sono particolarmente adatti negli edifici privati ma possono essere utilizzati anche nell'ambito di edifici pubblici e/o centri sportivi;
2. **infiltrazione**, quali rain garden, trincee e pozzi di infiltrazione, sistemi geocellulari e bacini di infiltrazione. Possono essere utilizzati sia nelle abitazioni private con sistemi di piccole dimensioni come i rain garden e pozzi di infiltrazione, ma anche a servizio di edifici/spazi pubblici con sistemi di più ampie dimensioni;
3. **laminazione con scarico in corpo idrico superficiale naturale, artificiale o fognatura**, secondo i limiti previsti dal regolamento (10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento). Tali sistemi, quali vasche di laminazione e maxi pipe, sono particolarmente indicati ove non vi è la possibilità di prevedere l'infiltrazione nel sottosuolo e vengono in generale posizione sottoterra per ridurre il consumo di suolo.

I SuDS si pongono come risposte capaci di incrementare la resilienza del territorio poiché ne potenziano la capacità adattativa e concorrono a realizzare sistemi territoriali flessibili e di qualità. Ogni tipologia di opera può avere una o più funzioni dominanti ma, un'attenta progettazione, può integrare ulteriori funzioni, migliorando le prestazioni degli interventi e ottimizzando l'uso di suolo: un solo elemento può, infatti, essere progettato per assolvere la funzione idraulica di trattenuta in loco di acque meteoriche, contribuire al miglioramento della qualità dell'acqua attraverso la fitodepurazione, contribuire al miglioramento del paesaggio e favorirne la fruizione.

Nei successivi paragrafi, si è tentato di riassumere le principali caratteristiche tecniche e le indicazioni dimensionali e costruttive di questi sistemi ma per la progettazione di dettaglio si rimanda il lettore a testi più specifici da ricercarsi nella vasta letteratura tecnica dell'ingegneria idraulica del settore.

6.1 CISTERNE

L'acqua piovana proveniente dai tetti o dalle superfici impermeabili può essere raccolta e temporaneamente accumulata in cisterne che possono permettere (i) di ridurre e ritardare gli effetti del deflusso in concomitanza di un evento meteorico intenso; (ii) di conservare la risorsa idrica e riutilizzarla in seguito per scopi non potabili (per esempio a scopo irriguo) (Figura 6-1).



Figura 6-1: (a) Esempio di cisterna domestica per la raccolta delle acque piovane. (b) Esempio di cisterna sotterranea

DESCRIZIONE:	Raccolta delle acque meteoriche dai tetti degli edifici per riutilizzo: <ul style="list-style-type: none"> • innaffiamento dei giardini, • lavaggio di cortili, pavimentazioni, auto • riutilizzo in ambiente domestico (sanitari e lavatrici).
AMBITO DI APPLICAZIONE:	Particolarmente adatti negli edifici privati con piccole cisterne ma possono essere utilizzati anche nell'ambito di edifici pubblici e/o centri sportivi con vasche di accumulo interrate.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	L'acqua in eccesso in arrivo alla cisterna può essere smaltita collegando la tubazione di troppo pieno a sistemi di infiltrazione come, ad esempio, pozzi/trincee filtranti o direttamente alla fognatura bianca/mista con la limite allo scarico da R.R.7/2017.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: RIUTILIZZO • CAPACITÀ DI ACCUMULO: DISCRETA • DEPURAZIONE: NO • RICARICA FALDA: NO • COMPATTEZZA: SÌ • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: NO • FRUIBILITÀ: NO
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - Necessità di energia elettrica per pompaggio acque - Necessità di rete duale interno agli edifici - Solo acque pulite (pluviali e seconde piogge)
MANUTENZIONE:	Pulizia ogni 6 mesi circa

L'effetto di laminazione della cisterna e la sua capacità di accumulo sono direttamente proporzionali alla sua dimensione. Sia le cisterne di raccolta più grandi che quelle domestiche possono essere interrate oppure posizionate fuori terra, a seconda dello spazio disponibile e dell'impatto visivo conseguente alla loro installazione.

Le cisterne domestiche sono più piccole ed economiche e normalmente raccolgono solo le acque pluviali di caduta delle grondaie dei tetti, mentre verso le cisterne sotterranee generalmente possono altresì convergere le acque di dilavamento delle superfici impermeabili quali cortili, giardini ecc.

Le cisterne possono essere suddivise in due categorie principali:

- Cisterne superficiali
- Cisterne sotterranee

6.1.1 Cisterne superficiali

Le cisterne superficiali vengono installate fuori terra e il loro volume è spesso vincolato dallo spazio disponibile. Le cisterne superficiali sono in grado di invasare anche grandi volumi di acqua, che tuttavia in assenza di sistemi di pompaggio, devono provenire da superfici drenate poste a quota superiore all'altezza di massimo riempimento.

6.1.1.1 Dimensionamento

Il dimensionamento delle cisterne si basa principalmente sulla risoluzione dell'equazione di continuità (Equazione 16) noto l'idrogramma in ingresso derivante dal processo afflusso-deflusso delle superfici scolanti e quello in uscita nei limiti del regolamento.

$$\Delta W = (Q_i - Q_u) \cdot \Delta t \quad [10]$$

dove Q_i è la portata in ingresso all'invaso, Q_u è la portata uscente dall'invaso, Δt è l'intervallo di tempo, ΔW variazione del volume invasato nell'intervallo di tempo Δt .

Per quanto riguarda i metodi di determinazione del idrogramma di piena e quindi della portata Q_i è bene fare riferimento a quanto prescritto dal R.R. 07/2017.

Nel caso di serbatoio pieno entra in funzione lo scarico di troppo pieno e l'effetto di laminazione diventa nullo. In ogni modo dovrà comunque essere rispettato il vincolo allo scarico prescritto dal regolamento.

Nel caso di superfici scolanti molto ampie al fine di contenere il volume della cisterna e la lunghezza dei collegamenti idraulici si preferisce l'installazione di più cisterne uguali in parallelo, la cui dimensione è quindi determinata sulla base della superficie drenata rispetto al numero di serbatoi.

6.1.1.2 Indicazioni costruttive

In generale le cisterne superficiali sono realizzate con materiali plastici non trasparenti e resistenti ai raggi UV oppure in acciaio zincato. Devono essere trattate in modo da risultare inattaccabili da alghe e mucillagini.

Per una corretta installazione è necessario predisporre un basamento di fondazione in calcestruzzo armato, il cui spessore deve essere dimensionato in funzione dal carico della cisterna completamente piena e della capacità portante del terreno su cui è realizzata.

Le acque meteoriche convogliate nella cisterna devono essere preventivamente trattate a seconda che provengano da tetti oppure da altre superfici. La cisterna deve essere dotata di un dispositivo di bypass in grado di deviare l'acqua in ingresso nel caso di completo riempimento; nel caso questo sia collegato alla fognatura deve essere provvisto di un sifone affinché i gas fognari non risalgano al serbatoio.

La cisterna deve essere dotata di scarico di fondo per effettuare lo svuotamento e la pulizia. Il tubo di immissione deve essere correttamente posizionato al fine di evitare di creare turbolenze all'interno del serbatoio. Deve essere installata una valvola per impedire il ritorno dell'acqua dalla fognatura.

Il serbatoio deve essere ispezionabile e dotato di chiusura che permetta lo sfiato dell'aria. Nel caso di riuso in loco la cisterna deve disporre di una pompa di immissione galleggiante in modo da aspirare solo l'acqua più pulita. I principali dispositivi idraulici da predisporre durante la fase di progettazione saranno:

- scarico di fondo
- sistema di bypass
- troppo pieno
- eventuale pompa per riuso in loco
- valvola galleggiante
- pozzetto filtro-foglie esterno
- tubo ingresso anti-turbolenza
- tubo troppo-pieno "anti-intrusione" di piccoli animali
- sifone allo scarico

È fondamentale la presenza e il corretto funzionamento del sistema di pretrattamento delle acque (esempio filtrazione del materiale grossolano del flusso in ingresso alla cisterna) al fine di non recare danni o malfunzionamenti a tutto il sistema idraulico.

In fase di progettazione degli impianti occorre fare attenzione affinché non vengano installati componenti che necessitano di eccessiva manutenzione o siano sensibili a guasti.

Nel caso di installato in locali chiusi o in soffitta occorre prevedere appositi drenaggi per eventuali perdite d'acqua.

I serbatoi vanno movimentati esclusivamente vuoti e con la massima attenzione, evitando urti e movimenti bruschi che potrebbero danneggiarli compromettendone la tenuta idraulica e la resistenza strutturale.

6.1.1.3 Manutenzione

Le cisterne necessitano come manutenzione ordinaria la pulizia del filtro in ingresso e la verifica del funzionamento della pompa ogni sei mesi.

Nei casi più comuni, per il trattamento delle acque meteoriche provenienti dai tetti, è sufficiente un'efficace azione di filtrazione da applicare a monte dell'accumulo.

Esistono in commercio numerose tipologie di filtri che variano a seconda:

- del punto d'installazione (sui pluviali, fuori terra, interrato, integrato al serbatoio, ecc.);
- del principio di intercettazione del materiale;
- della presenza di dispositivi automatici di risciacquo per eliminare il materiale intercettato.

Nella tabella seguente vengono descritte tre tipologie di filtri tra le più utilizzate:

- Filtro per applicazione su pluviale;
- Filtro centrifugo;
- Filtro autopulente.

All'occorrenza è necessario effettuare la pulizia dai sedimenti accumulati sul fondo della cisterna ed eventualmente provvedere alla pulizia della girante della pompa necessaria per lo svuotamento.

La lista delle operazioni da effettuare di seguito riportata è solo indicativa e non esaustiva e potrebbero essere necessarie sia con una frequenza maggiore che minore, rispetto a quella riportata.

- ✓ *Trimestrale*
 - Pulire e riposizionare i filtri se non sono dotati di dispositivo autopulente
- ✓ *Annualmente (o dopo eventi meteorici intensi)*
 - controllare la funzionalità del sistema, dalle opere di raccolta ai sistemi di distribuzione
 - verificare le apparecchiature elettromeccaniche

- verificare la qualità dell'acqua all'interno del serbatoio
- controllare il serbatoio per verificare il non accumulo di detriti e sedimenti
- controllare le opere di alimentazione, distribuzione e troppo pieno
- controllare l'assenza fenomeni erosivi in aree di scarico del troppo pieno
- ✓ *Ogni 5-10 anni*
 - effettuare la pulizia del serbatoio
 - sostituzione o manutenzione straordinaria delle pompe di alimentazione (se presenti).

6.1.2 Cisterne sotterranee

Le cisterne sotterranee sono poste sotto il piano campagna, con la posa ad una profondità massima di 6 m sotto il piano campagna e uno spessore di ricoprimento è di circa 2 m. Nelle aree pubbliche, dunque, le cisterne interrato sono da localizzare al di sotto delle aree pavimentate al fine di non sottrarre suolo alla piantumazione.



6.1.2.1 Dimensionamento

La procedura di dimensionamento delle cisterne sotterranee può essere considerata equivalente a quella adottata per le cisterne superficiali.

Le cisterne sotterranee rispetto a quelle installate fuori terra necessitano di alcuni accorgimenti idraulici ed in particolare, data la quota più bassa di posizionamento, di un sistema di pompaggio per lo svuotamento qualora la quota di base risulti essere inferiore a quella della rete di drenaggio. Il sistema di pompaggio è per sicurezza rappresentato solitamente da una coppia di pompe dotate di inverter. La cisterna non dovrebbe essere posizionata su terreni argillosi e, in nessun caso, su terreni franosi, paludosi.

Il serbatoio non deve essere mai collocato su pendii, e dovrà sempre essere tenuta in conto la soggiacenza della falda. Deve essere sempre dimensionata un'adeguata base di appoggio. Come per le cisterne superficiali, se le acque pluviali provengono da tetti sopraelevati occorre solamente un pretrattamento di filtrazione al flusso in ingresso. Se sono invece presenti acque di dilavamento occorre intercettare le acque di prima pioggia per un opportuno pre-trattamento.

I dispositivi idraulici da adottare nel caso delle cisterne sotterranee sono gli stessi previsti per le cisterne fuori terra.

Le cisterne sotterranee generalmente sono in plastica e in calcestruzzo, prefabbricate o posate in opera.

6.1.2.2 Indicazioni costruttive

Poiché l'aspetto più delicato per una corretta installazione delle cisterne è l'interrimento, risulta necessario tenere in considerazione le caratteristiche del terreno, la soggiacenza della falda e la destinazione della superficie sovrastante il serbatoio.

Lo scavo deve essere realizzato considerando che, oltre alle dimensioni del serbatoio, deve essere calcolata in più, su ogni lato, una distanza di circa 30 cm oltre le dimensioni di ingombro per l'accoglimento di eventuali dispositivi idraulici.

Per rendere carrabile la zona del rinterro sarà necessaria la realizzazione di strutture idonee opportunamente dimensionate per evitare sovraccarichi sulla vasca.

La base della cisterna dovrà essere costituita da un letto di 15-20 cm di sabbia opportunamente livellato e accessoriato con un tubo di drenaggio. È necessario accertarsi che nella zona di appoggio non si presentino cedimenti e che il serbatoio sia installato in bolla su un basamento piano e di adeguata solidità.

Per l'interramento viene usata sabbia o altro materiale equivalente che non presenti spigoli vivi o taglienti che possano danneggiare il serbatoio e deve procedere per strati successivi di 15-20 cm per volta. Ottimi risultati di interro si possono conseguire con l'utilizzo di calcestruzzo, meglio se del tipo alleggerito per la presenza di polistirolo o altro, da usare al posto della sabbia. Anche in questo caso è bene procedere con colature in strati successivi, che vanno livellati ogni 20 - 30 cm di spessore, per non danneggiare il serbatoio e per evitare dei vuoti. I diversi strati vanno gettati consentendo al cemento di consolidarsi e realizzare una tenuta per lo strato successivo. Una volta ultimato il riempimento e il rinfiacco del serbatoio ricoprirlo in maniera da ottenere la resistenza desiderata per la superficie sovrastante (pedonabilità, carrabilità leggera o pesante). In ogni caso si dovrà lasciare accessibile i coperchi delle aperture per l'ispezione e la manutenzione. Durante le fasi di rinfiacco è necessario procedere con il riempimento graduale del serbatoio con acqua in modo tale da evitare schiacciamenti.

In caso di installazione nelle vicinanze di alberi di alto fusto è buona norma isolare il serbatoio con pareti di calcestruzzo e un telo antiradice protettivo del manufatto al fine di evitare danni da parte delle radici. È inoltre opportuno garantire sempre la distanza minima dallo scavo al filo del tronco che non può essere inferiore:

- a metri 5 per gli esemplari monumentali o di pregio con circonferenza maggiore di 250 cm e per i soggetti di *Platanus* con circonferenza maggiore di 120 cm;
- a metri 3 per le piante non incluse nel punto precedente.

In caso di installazione in terreni con falda gettare sul fondo della buca una soletta in calcestruzzo di adeguata resistenza e preparare sopra la soletta uno strato di sabbia di almeno 10 cm perfettamente uniforme, livellato e compattato. È bene comunque in quest'ultima situazione valutare l'eventuale effetto di galleggiamento.

6.1.2.3 *Manutenzione*

Una volta realizzate non necessitano di una manutenzione sistematica se non una pulizia periodica dei sedimenti accumulati ed un controllo di funzionamento degli eventuali organi di regolazione e pompaggio.

6.1.3 Cisterne per un uso alternativo delle acque pluviali

Sia per motivi ecologici sia per ridurre la quantità d'acqua che afferisce alla rete fognaria, è necessario ridurre il consumo di acque potabili. Tale riduzione può essere avviata con l'introduzione di dispositivi per la riduzione del consumo domestico e con l'utilizzo delle acque pluviali per l'irrigazione dei giardini, lo sciacquone dei sanitari, il lavaggio degli autoveicoli e l'introduzione come acque di raffreddamento o di processo nell'industria.

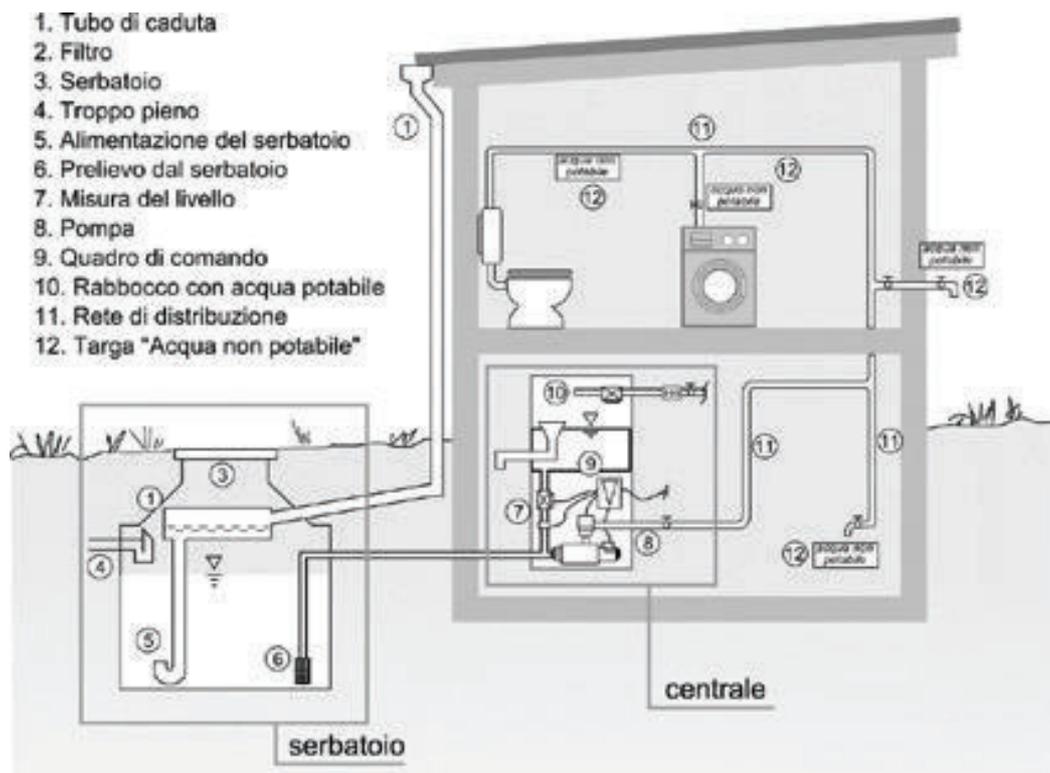


Figura 6-2: Schema d'impianto per molteplici usi domestici dell'acqua pluviale (Land Assia) (Tratta da: Di Fidio e Bischetti 2012).

In Europa, questi usi domestici e produttivi delle acque pluviali sono in corso d'espansione. In base alle condizioni locali, le acque pluviali possono coprire circa il 40–50% dell'attuale fabbisogno annuo d'acqua potabile. Ad esempio in Germania, da più di 10 anni, si sono diffusi molteplici usi delle acque pluviali in ambito domestico ed industriale, con impianti tecnologicamente sempre più complessi, mentre in precedenza tali acque erano utilizzate quasi esclusivamente per l'irrigazione dei giardini, previo invaso in cisterne locali.

Le acque pluviali provenienti dai tetti hanno di regola un modesto contenuto di solidi sospesi, i quali potrebbero intasare il dispositivo filtrante, pertanto i tetti sono quindi superfici idonee all'intercettazione delle acque pluviali da destinare agli usi domestici. In ogni caso, prima della costruzione del relativo impianto, si deve verificare la presenza di particolari fonti d'inquinamento, quali, ad esempio escrementi d'uccelli, fogliame, sostanze nocive rilasciate dalle coperture, etc.

Per gli aspetti tecnici della progettazione di tali impianti si rimanda alla letteratura tecnica di dettaglio. Nella seguente immagine è schematizzato l'uso delle acque pluviali decendenti dai tetti per l'irrigazione dei giardini d'edifici unifamiliari ed eventualmente per i dispositivi interni quali lo sciacquone dei sanitari.

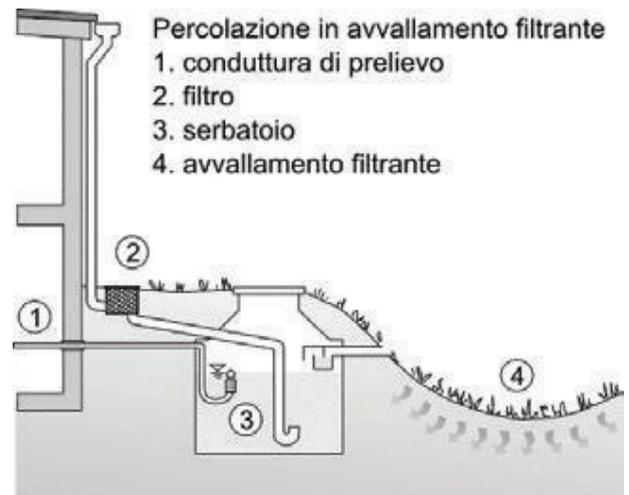
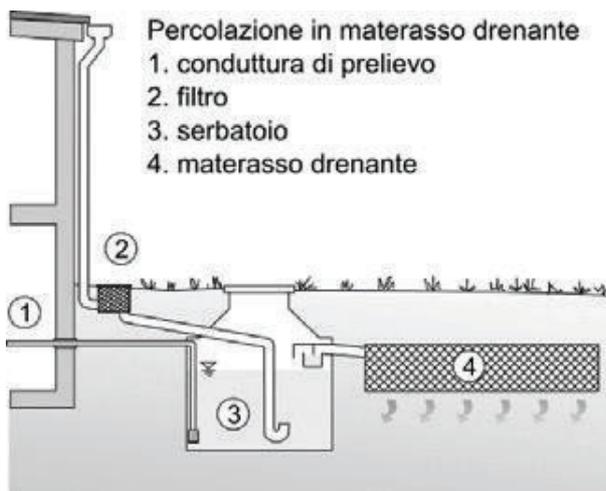


Figura 6-3: Parziale uso domestico dell'acqua pluviale e convogliamento del troppo pieno in un avvallamento filtrante (sinistra) o materasso drenante (destra) (Tratta da: Di Fidio e Bischetti 2012)

6.2 SUPERFICI PERMEABILI

Le pavimentazioni permeabili hanno lo scopo di rallentare e ridurre lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche e di conseguenza ridurre l'apporto nelle reti fognarie bianche e/o miste delle città, aumentando l'infiltrazione e la ricarica della falda. Lo strato superficiale della pavimentazione può essere realizzata sia con asfalti o conglomerati porosi oppure utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare in materiale lapideo o sintetico (Figura 6-4).

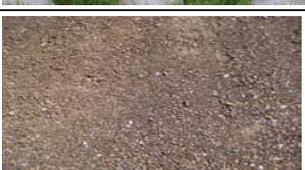


Figura 6-4: Esempi di pavimentazioni permeabili continue e discontinue

DESCRIZIONE:	Le pavimentazioni permeabili riducono il run-off delle acque meteoriche aumentando l'infiltrazione nel suolo
AMBITO DI APPLICAZIONE:	<p>Le pavimentazioni drenanti discontinue sono particolarmente adatti negli spazi verdi pubblici, piazze ed eventualmente parcheggi poco utilizzati con eventuale sistema di separazione acque di prima pioggia.</p> <p>Le pavimentazioni drenanti continue possono essere usate per piste ciclabili e vialetti. Nel caso di strade è necessaria la raccolta delle acque di prima pioggia.</p>
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Sotto la pavimentazione permeabile può essere previsto uno strato impermeabile con tubazione di raccolta e invio allo scarico per laminazione.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: INFILTRAZIONE • CAPACITÀ DI ACCUMULO: NO • DEPURAZIONE: NO • RICARICA FALDA: SÌ • COMPATTEZZA: NO • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: SÌ • FRUIBILITÀ: NO
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - infiltrazione acque non contaminate (non provenienti da dilavamento delle strade) - da non utilizzare in presenza di terreni contaminati.
MANUTENZIONE:	<p>Manutenzione ordinaria delle pavimentazioni discontinue con sfalcio del verde ogni 2 mesi circa.</p> <p>Manutenzione ordinaria delle pavimentazioni continue utilizzando localmente anche asfalto/cemento tradizionale</p>

Le pavimentazioni permeabili possono essere continue e discontinue. Quelle 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. Quelle discontinue sono invece ottenute accostando elementi prefabbricati in CLS, perforati e autobloccanti. In Tabella 6-1 si riportano alcuni esempi delle principali categorie di superfici permeabili e le relative caratteristiche tecnico-costruttive.

Tabella 6-1: Caratteristiche generali di alcune tipologie di superfici permeabili.

Esempi di pavimentazioni permeabili discontinue	
	<p>Prati La superficie è costituita da uno strato di terreno organico rinverdito a prato. La superficie viene costipata prima del rinverdimento. adatti per: campi gioco, percorsi pedonali</p>
	<p>Sterrati inerbiti La superficie è costituita da uno strato di terreno organico mescolato con ghiaia senza leganti. La superficie viene seminata a prato prima del costipamento. adatti per: cortili, piste ciclabili e pedonali</p>
	<p>Grigliati in calcestruzzo inerbiti Sono blocchi in calcestruzzo con aperture a nido d'ape riempite con terreno organico e inerbite. adatti per: parcheggi saltuari, strade d'accesso private</p>
	<p>Grigliati plastici inerbiti Sono grigliati in materie plastiche riempiti con terreno organico e inerbiti. adatti per: parcheggi saltuari, strade d'accesso private</p>
	<p>Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite La cubettatura viene realizzata con fughe larghe con l'ausilio di distanziatori. adatti per: cortili, spiazzi</p>
	<p>Sterrati La superficie viene realizzata con ghiaia di granulometria uniforme senza leganti. adatti per: parcheggi saltuari, piste ciclabili e pedonali, cortili, spiazzi, stradine per manutenzione, percorsi nei parchi</p>
	<p>Masselli porosi La pavimentazione avviene con masselli porosi. Il riempimento delle fughe avviene con sabbia. adatti per: piazze, stradine e parcheggi poco trafficati, cortili, strade d'accesso con presenza saltuaria di mezzi per manutenzione o soccorso</p>
	<p>Cubetti o masselli a fughe strette I cubetti vengono posati con fughe strette riempite con sabbia. adatti per: piazze, stradine e parcheggi poco trafficati, cortili, strade d'accesso con presenza saltuaria di mezzi per manutenzione o soccorso</p>

Esempi di pavimentazioni permeabili continue	
	<p>Calcestre Miscela di varie pezzature di sabbia e ghiaietto fine adatti per: sentieri nei parchi e piste ciclopedonali</p>
	<p>Calcestruzzo drenante Pavimentazione in conglomerato cementizio poroso che drena l'acqua al di sotto della propria superficie senza creare deflusso adatti per: stradine e piazzali, piste ciclopedonali</p>
	<p>Asfalti drenanti È miscela di inerti, bitumi e polimeri caratterizzata dall'alta porosità. Assorbe e rallenta il flusso dell'acqua meteorica. In unione ad uno strato impermeabile sottostante è possibile gestire le acque di prima pioggia. adatti per: strade e piste ciclabili.</p>

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. Tale configurazione va utilizzata qualora si voglia proteggere la falda dall'infiltrazione di sostanze inquinanti.

Si possono dunque configurare due tipi di soluzioni (*Figura 6-5*):

- a) Superfici permeabili con infiltrazione delle acque nel suolo sottostante: l'acqua passa attraverso la superficie permeabile per poi essere rilasciata verso gli strati inferiori del terreno. Generalmente, questi dispositivi sono composti da due distinti strati: quello più superficiale è composto da una pavimentazione permeabile che ha la funzione di assorbire e fare penetrare nello strato sottostante le acque meteoriche che defluiscono sulla superficie. Il secondo strato, posto tra la pavimentazione e il terreno, è composto da uno strato di ghiaia o ghiaietto lavato che ha la funzione di facilitare l'infiltrazione delle acque nel suolo sottostante. Questo tipo di soluzione è particolarmente indicata per le aree pedonali dove non sussiste il problema della contaminazione delle acque di prima pioggia, in particolare per piazze, marciapiedi e piste ciclabili. Negli spazi pubblici di aggregazione è necessario garantire l'accessibilità alle persone diversamente abili adottando soluzioni più possibili continue in linea con quanto previsto dal Piano Eliminazione Barriere Architettoniche (P.E.B.A.).
- b) Superfici permeabili con raccolta e scarico delle acque di prima pioggia in fognatura: in tali superfici è preclusa l'infiltrazione delle acque nel terreno. Essi vengono adottati qualora si voglia proteggere il sottosuolo dalla propagazione di inquinanti. Viene posta una membrana impermeabile alla base del dispositivo che impedisce all'acqua filtrata attraverso gli strati superiori della struttura di infiltrarsi successivamente nel terreno. In questa tipologia di dispositivi si sfrutta la capacità di ritenzione dell'acqua da parte dello strato di materiale che costituisce la pavimentazione rallentandone il deflusso verso il recettore. L'acqua così immagazzinata può essere o inviata alla rete fognaria mista, oppure infiltrata nel sottosuolo dopo essere stata preventivamente trattata con dissabbiatore/disoleatore. Questa configurazione è particolarmente adatta ai parcheggi.

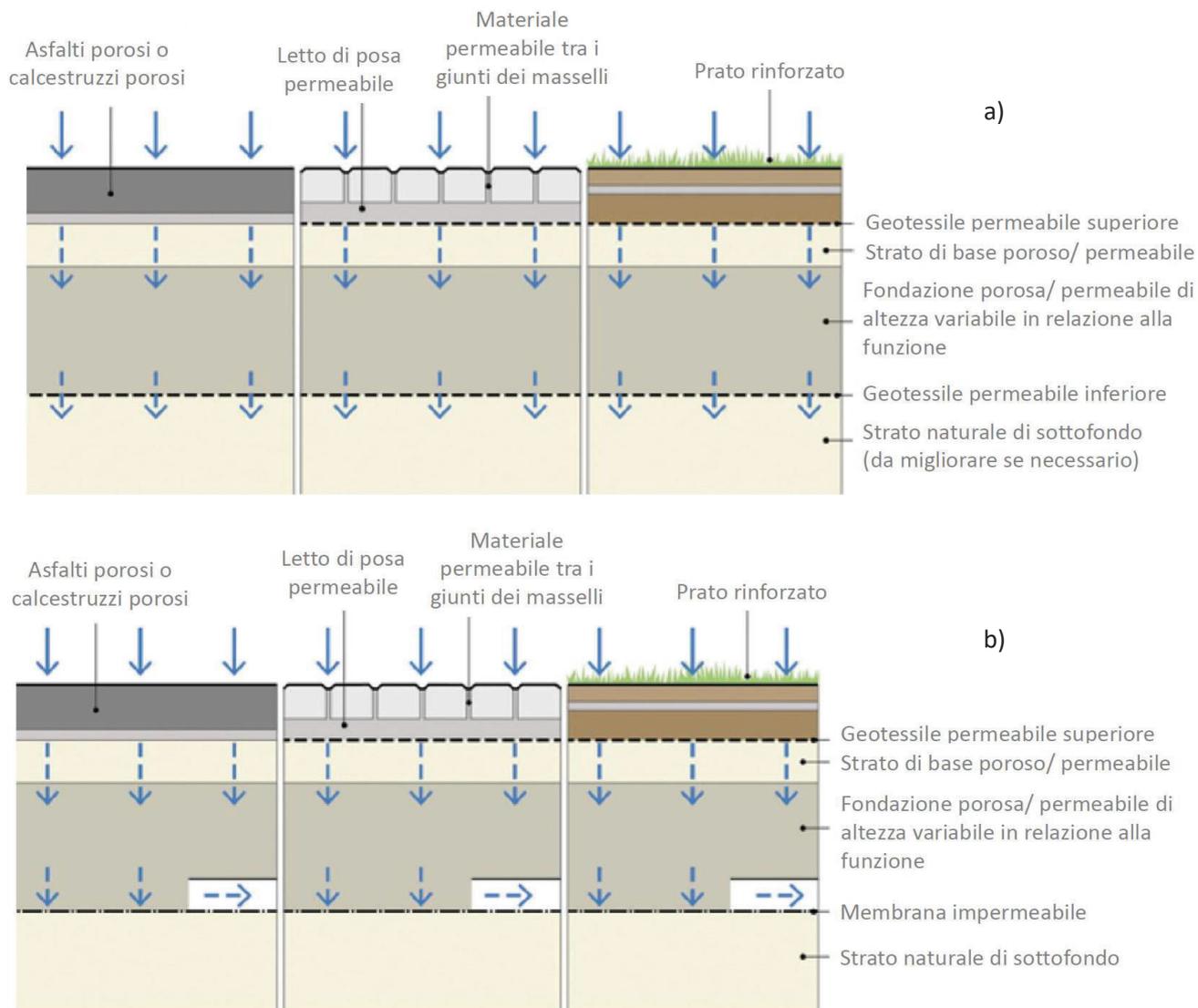


Figura 6-5: Schema di pavimentazioni permeabili con (a) e senza (b) infiltrazione nel sottosuolo

Il Piano comunale di eliminazione delle barriere architettoniche (P.E.B.A.), approvato con Delibera della Giunta Comunale n. 361 del 02/03/2018, prevede che negli interventi di manutenzione dei percorsi pedonali di avvicinamento ai principali spazi di aggregazione, venga privilegiato l'uso di materiali antisdrucciolevoli e antiscivolo, dalle superfici ben levigate. In caso di pavimentazioni in materiale lapideo, il materiale impiegato dovrà essere posato in complanarità con l'intorno, con giunture (fughe) non superiori ai 5 mm. Nelle piazze e nelle aree mercatali, come nei parchi e giardini pubblici le pavimentazioni dovranno essere realizzate preferibilmente in materiali lapidei con superfici prive di scabrosità, evitando lavorazioni "a spacco", la posa di acciottolati o di cubetti di porfido (sanpietrini). In particolare l'acciottolato, per quanto utile alla composizione architettonica e funzionale dell'ambiente, soprattutto in aree interne alla delimitazione di centro storico, è faticoso da percorrere e potenzialmente rischioso per tutti, pertanto sarà bene limitarne il più possibile l'utilizzo e accostargli percorsi più rispondenti alle esigenze dei disabili motori, vale a dire pavimentati in lastre di pietra a piano di sega e giunti baciati o con altre soluzioni materiche adeguate e coordinate. Il materiale da preferire sarà l'asfalto. In caso di percorsi realizzati in materiale inerte (accessi a giardini pubblici e parchi), il misto granulare dovrà essere opportunamente stabilizzato con calce e/o cemento, compattato e rullato, per garantire un piano di calpestio regolare e stabile, senza avvallamenti o cedimenti.

Anche per gli interventi di manutenzione dei marciapiedi, il P.E.B.A. prevede le medesime attenzioni e limitando il più possibile l'utilizzo di massetti in blocchi di cls prefabbricati (autobloccanti) e di certe pavimentazioni in pietra naturale, posati, in genere, in giunti molto larghi che impediscono il regolare passaggio delle carrozzine. Il progettista dovrà prevedere giunti regolari e dello spessore massimo non superiore ai 5 mm oppure accostare dei percorsi più rispondenti alle esigenze dei disabili motori.

Infine il Piano fornisce indicazioni anche per la scelta dei materiali da impiegare nelle pavimentazioni delle piazzole di sosta delle fermate bus o di piazzette, slarghi, rotonde antistanti le entrate/uscite alle stazioni della rete metropolitana.

In caso di terre drenanti trattate a calce/cemento da impiegare nella realizzazione delle pavimentazioni dei percorsi interni a parchi e giardini pubblici si dovrà provvedere con particolare cura alle successive operazioni di compattazione e rullatura, con lo scopo di ottenere un rilevato regolare e poco cedevole ai carichi (dovuti al passaggio dei pedoni, dei ciclisti, dei disabili su carrozzina ecc.).

6.2.1 Dimensionamento

È necessario verificare che la capacità di infiltrazione della pavimentazione permeabile sia maggiore della massima intensità di pioggia ricadente sulla superficie di progetto. La capacità di infiltrazione delle pavimentazioni impermeabili varia a seconda delle tecnologie ed è di solito un dato tecnico fornito dalle ditte produttrici.

In linea generale una pioggia intensa di elevato tempo di ritorno può raggiungere durante la fase di picco intensità anche maggiori di 200 mm/ora. Si può subito comprendere come la capacità di infiltrazione l'infiltrazione di una superficie drenante deve risultare superiore a qualche centinaia di mm/ora, tenendo conto che $1,0 \text{ mm/ora} = 2,778 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s} = 2,778 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.

Dal successivo grafico si deduce che un tennero costituito da sabbia limosa ha un coefficiente di permeabilità di circa $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ e pertanto riesce a drenare, in condizioni ottimali, una pioggia pari a 3,6 mm/ora, mentre un terreno costituito da sabbia con un coefficiente di permeabilità di circa $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, potrebbe infiltrare teoricamente una pioggia di 360 mm/ora.

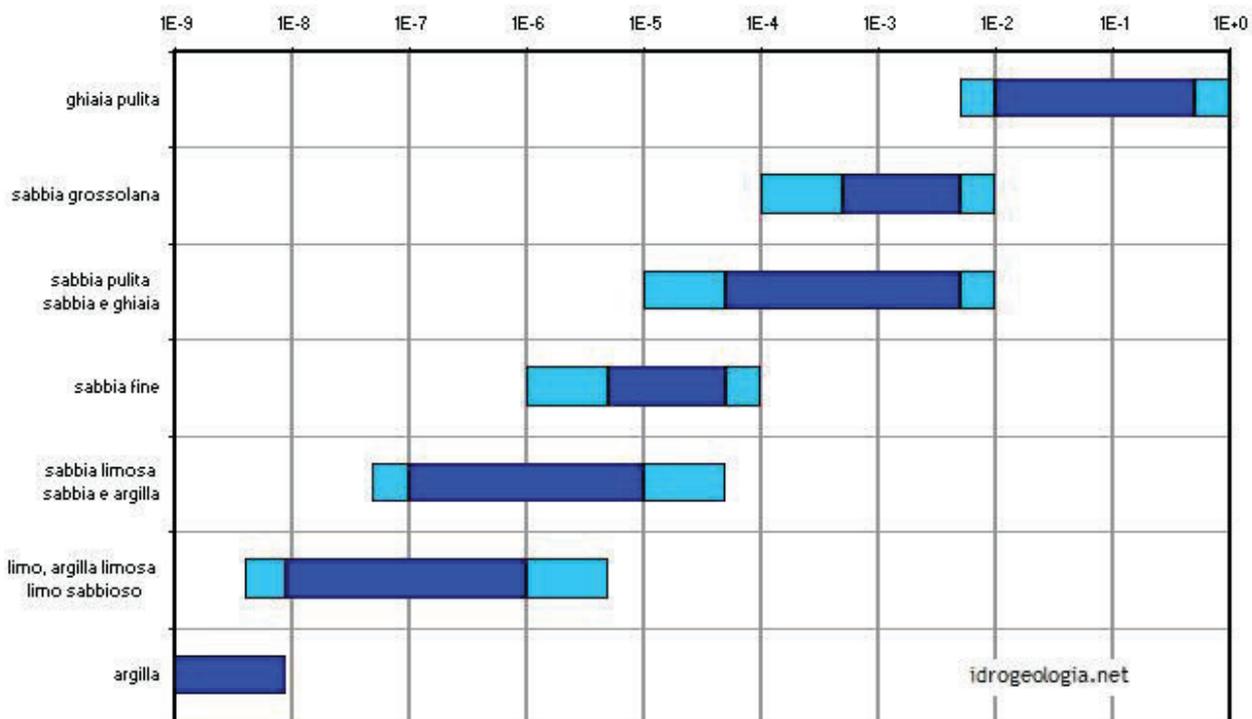


Figura 6-6: Valori orientativi del coefficiente di permeabilità dei terreni [m/s]

6.2.2 Indicazioni costruttive

Nel seguito vengono fornite alcune indicazioni costruttive per le due tipologie precedentemente descritte e riportate in Figura 6-4.

1. Superfici permeabili con sola infiltrazione delle acque nel suolo sottostante: si procede con l'esecuzione dello scavo di sbancamento dello spessore variabile da 30 a 60 cm in funzione della quantità di acqua da smaltire. Successivamente si procede al livellamento e leggera compattazione del fondo dello scavo. Si posa uno strato di geotessile permeabile che consente di trattenere le particelle più sottili lasciando infiltrare liberamente l'acqua. Successivamente si posa il primo strato di sottofondo dello spessore di circa 15 cm con ghiaia lavata di diametro variabile tra i 25 e i 75 mm. Si esegue, poi, la posa del secondo strato di sottofondo dello spessore di circa 10 cm con ghiaia lavata di diametro variabile tra i 5 e i 40 mm. È bene vibrocompattare ciascuno strato una volta eseguita la posa di ciascuno di essi. Si stende successivamente uno strato di geotessile in tessuto non tessuto al di sopra del quale viene posato uno strato di 5-6 cm di ghiaia frantumata lavata di diametro variabile tra i 2 e i 10 mm. Infine si esegue la posa della pavimentazione drenante e riempimento degli interstizi con ghiaia frantumata lavata avente diametro variabile tra i 2 e i 10 mm.
2. Superfici permeabili con solo scarico delle acque in fognatura: la procedura è simile a quella precedente fatta, oltre a prevedere la posa di uno strato di geotessile impermeabile sul fondo dello scavo che impedisce l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo e il posizionamento di apposite tubature forate per raccogliere le acque provenienti dalla pavimentazione ed inviarle in fognatura. Al di sopra delle stesse viene steso un secondo strato di geotessile questa volta permeabile ma che è in grado di trattenere le particelle più fini che potrebbero occludere i fori delle tubazioni di drenaggio. Il diametro delle tubazioni da installare sono calcolati in relazioni ai limiti imposti dalla normativa.

Per la realizzazione delle pavimentazioni permeabili possono essere adoperate pavimentazioni in blocchi; fra queste particolarmente diffuse sono quelle in conglomerato di cemento. Negli spazi pubblici dovranno comunque essere garantiti dei percorsi accessibili più rispondenti alle esigenze dei disabili motori.

Nel caso di pavimentazioni in cui deve essere inibita l'infiltrazione nel sottosuolo è bene predisporre anche due strati di geotessuto impermeabile per evitare qualsiasi tipo di percolazione. In questa tipologia di pavimentazione è bene posizionare un geotessuto con maglia fine al di sopra delle tubazioni in modo da ridurre al minimo il rischio di ostruzione delle tubature di drenaggio. È buona norma effettuare gli strati di ghiaia il più uniformi possibili sia in termini di spessore che di livello di compressione.

È necessario assicurarsi che i materiali in uso abbiano avuto un buon lavaggio iniziale, siano essi ciottoli, ghiaia, ghiaino o sabbia, per mantenere tutti gli spazi vuoti potenzialmente ricavabili una volta avvenuta l'installazione e liberi da impurità. Ciò vale sia per le giunzioni o i pori superficiali, sia per lo strato di sottofondo, in modo da evitare sedimenti liberi già in partenza.

Usare pavimentazioni permeabili non è raccomandato dove:

- è possibile un'eccessiva sedimentazione sulla superficie (cortili di cantieri o ditte di costruzione e limitrofi);
- in aree adiacenti ad altre più ripide che sono sorgente di sedimenti;
- in stazioni di servizio, aree di sosta di camion, piazzali di industrie chimiche, tutte le aree in cui c'è movimentazione di materiali pericolosi che possano disperdersi nell'ambiente o in cui potrebbero verificarsi fuoriuscite di quantità concentrate di inquinanti;
- in siti in cui la falda rimane stagionalmente molto alta e quindi può saturare il terreno in prossimità della superficie e all'interno della sezione della pavimentazione;
- in presenza di suoli che possono diventare instabili se saturi;
- se non si riesce a garantire una manutenzione ad intervalli appropriati;
- le pendenze massime superano il 5% per l'asfalto permeabile, 6% per calcestruzzo permeabile; 10% per Eco-Stone; 6% per grigliati plastici.
- cemento e ghiaia priva di sabbia.

6.2.3 Manutenzione

La manutenzione consiste principalmente nel mantenere pulita la superficie permeabile secondo le indicazioni prescritte dalle diverse ditte costruttive al momento della posa dell'opera.

Per superfici drenate in asfalto o calcestruzzo permeabile è bene pulire le superfici non solo spazzando ma aspirando, o insieme lavando ad alta pressione ed aspirando.

Le attrezzature che forniscono i migliori risultati sono i macchinari per la pulizia stradale che vanno a scalzare i sedimenti accumulati e l'aspirazione di questi ultimi, liberando così le porosità superficiali del materiale. Un lavaggio a pressione manuale può comunque considerarsi efficiente per piccoli lotti ad uso non intensivo.

Nel tempo riparazioni di piccole dimensioni (crepe, buchi) possono essere eseguite con materiali convenzionali se l'analogo permeabile è difficilmente reperibile o troppo costoso: se sono interventi contenuti non andranno ad incidere sulla capacità di infiltrazione complessiva.

Per grigliati plastici con ghiaia è bene rimuovere i sedimenti e tenere pulita la superficie. Rimpiazzare per quanto possibile la ghiaia se molto contaminata da altri residui. Per le pavimentazioni inerbite è necessario prevedere integrazione terriccio miscelato a sabbia e semenza al bisogno.

Sostituire i moduli danneggiati quando più parti sono rotte o danneggiate. Aggiungere della ghiaia lavata e della stessa pezzatura al bisogno, ad esempio se si creano punti vuoti.

Indagini su campo 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.

Per quanto riguarda la manutenzione ordinaria delle pavimentazioni discontinue è necessario prevedere uno sfalcio del verde minimo di 9 tagli all'anno al fine di garantire un'altezza del verde inferiore di 10 centimetri.

6.3 POZZI PERDENTI O 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. Sono adatti per centri abitati con limitata superficie a disposizione in quanto necessitano di uno spazio abbastanza contenuto. In essi possono essere convogliate solamente acque meteoriche non inquinate con una preventiva sedimentazione al fine di evitare di ostruire la struttura.



Figura 6-7: Esempio di pozzo d'infiltrazione

DESCRIZIONE:	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.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	L'utilizzo ideale è l'estensione dei pluviali fino al pozzo. Possono essere inseriti in un sistema più complesso di drenaggio delle acque meteoriche di piazzali, parcheggi e strade per l'infiltrazione delle acque di seconda pioggia a seguito di separazione dalle acque di prima pioggia, che saranno indirizzate verso la fognatura.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	I pozzi perdenti possono essere collegati allo sfioro di troppo pieno di cisterne di raccolta e riutilizzo delle piogge pluviali. Posso inoltre prevedere un sistema di recapito alla fognatura bianca/mista con il limite allo scarico da R.R. 7/2017.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: INFILTRAZIONE • CAPACITÀ DI ACCUMULO: DISCRETA • DEPURAZIONE: NO • RICARICA FALDA: SÌ • COMPATTEZZA: SÌ • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: NO • FRUIBILITÀ: NO
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - Solo acque pulite (pluviali e seconde piogge) - Possibilità di intasamento
MANUTENZIONE:	Ogni 6 mesi controllo e rimozione sedimenti dal fondo.

Come per tutti i SuDS basate sul meccanismo di infiltrazione, anche i pozzi perdenti contribuiscono attraverso la dispersione nel terreno alla ricarica della falda.

Utilizzo ideale dei pozzi di infiltrazione è l'estensione dei pluviali fino al pozzo che deve essere posizionato a distanza adeguata (almeno 3 metri) dalle fondamenta degli edifici e dagli alberi.

Sono adatti per centri abitati con limitata superficie a disposizione in quanto necessitano di uno spazio molto contenuto, inferiore all'1% della superficie drenata.

Da un punto di vista costruttivo, i pozzi d'infiltrazione sono costituiti da un cilindro in materiale rigido (per esempio in cemento) senza fondo, che penetra in verticale fino a profondità anche superiori ai 4,00 m. Sui lati e sul fondo sono previste delle fenestrate, in comunicazione con uno strato di materiale di drenaggio inerte (ghiaia) con una porosità di almeno il 30%, attraverso le quali l'acqua percola, infiltrandosi nel terreno. I pozzi perdenti sono preferibilmente dotati di accesso ispezionabile al fine di garantirne la manutenzione e le prestazioni nel tempo.

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. È possibile anche inserire nei pozzetti di sedimentazione che generalmente precedono i sistemi di infiltrazione dei cestelli mobili per la raccolta di sedimenti.

In Figura 6-7 si riporta uno schema tipo di un pozzo perdente.

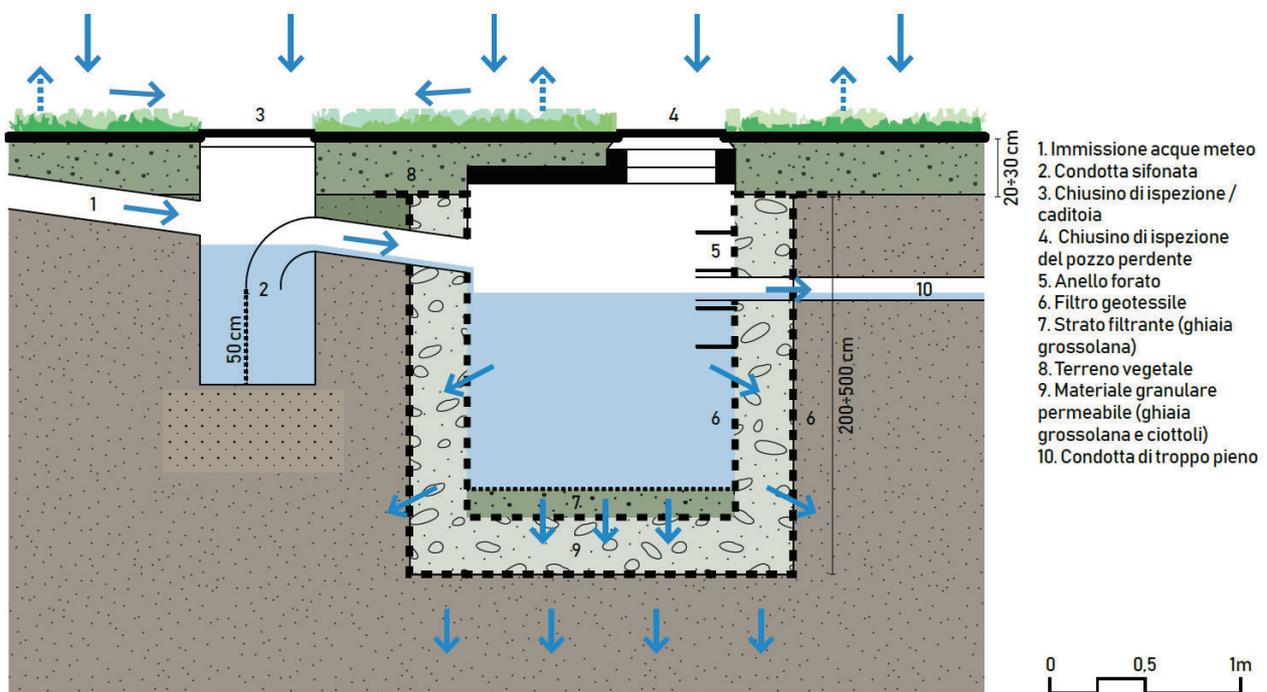


Figura 6-8: Schema tipologico di pozzo di infiltrazione

6.3.1 Dimensionamento

Il dimensionamento del pozzo perdente consiste nel determinare correttamente la sua profondità e del suo diametro. Il calcolo procede fissando il numero di pozzi a servizio dell'area drenata, il diametro di un singolo pozzo e ricavando la massima altezza del pozzo. In questo caso la portata Q_u (dovuta all'infiltrazione) può essere calcolata per mezzo dell'equazione:

$$Q_u = \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f \quad [\text{Equazione 11}]$$

Dove il primo termine rappresenta la permeabilità (K) in condizioni insature (e quindi dimezzata); il secondo termine costituisce invece la cadente, in cui compare l'altezza z dello strato drenante del pozzo e il dislivello L fra il fondo del pozzo e il sottostante livello di falda; infine A_f rappresenta la superficie orizzontale effettiva,

calcolabile come quella dell'anello di larghezza $z/2$. Generalmente non si tiene conto sulla capacità filtrante del fondo del pozzo per via della sua possibile occlusione.

Il tasso di infiltrazione è strettamente connesso alle caratteristiche di permeabilità del terreno che circonda il pozzo. Grazie al suo volume interno il pozzo è inoltre in grado di assolvere un certo grado di accumulo e di laminazione del deflusso meteorico (capacità di invaso).

I pozzi perdenti presenti sul mercato sono formati da un insieme di anelli fenestrati in calcestruzzo vibrocompresso sovrapponibili e impilabili tramite un sistema denominato "a bicchiere". I diametri degli anelli tipicamente in commercio oscillano tra i 100 e i 200 cm con un'altezza del singolo modulo variabile tra i 13 e i 50 cm. La capacità di invaso varia tipicamente da 300 fino a 9000 litri.

6.3.2 Indicazioni costruttive

Lo scavo per il posizionamento dei pozzi perdenti deve essere eseguito con mezzo meccanico e dimensionato in modo che possa consentire lo svolgimento delle operazioni di lavoro. Le pareti laterali possono essere verticali oppure con inclinazione variabile in funzione della tipologia del terreno. La capacità portante del pozzo perdente dipende dalla corretta preparazione del piano di per uno spessore di circa 40-50 cm. Gli anelli forati in calcestruzzo devono essere posizionati l'uno sull'altro partendo dal basso e procedendo verso l'alto senza sigillatura dei giunti. Collegare il pozzo avendo cura di posizionare i tubi ad una quota di almeno -50 cm dal piano finito del terreno, per evitare il congelamento ed evitare schiacciamenti qualora la superficie attorno al pozzo sia carrabile.

Intorno alla parete forata del pozzo si pone uno strato di pietrisco/ghiaia, sistemato anch'esso ad anello, per uno spessore in senso orizzontale di circa 80-100 cm e di granulometria crescente procedendo verso le pareti del pozzo, in modo da facilitare il deflusso delle acque ed evitare l'intasamento dei fori disperdenti. Occorre posizionare uno strato di "tessuto non tessuto" tra il dreno circostante e il pozzo per prevenire eventuali occlusioni e quindi modificare la capacità filtrante; stessa cosa può essere prevista tra il dreno e il terreno circostante. Occorrerà prevedere un ricoprimento di almeno 60 centimetri di terra di coltivo tra l'estradosso e la quota finale del prato.

L'utilizzo di pozzi perdenti può essere previsto solo a seguito di uno studio idrogeologico che valuti i livelli di falda e le fasce di rispetto dei pozzi idropotabili riportati nel [Mapping Tool](#). Dovranno essere garantiti almeno 3 metri tra la quota di falda massima rilevata tra il 2000 ed il 2020 e la quota fondo dell'opera di dispersione assicurando inoltre di non ricadere all'interno delle fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile.

I pozzi perdenti vanno posizionati lontani da fabbricati, ad almeno 3 metri dalle fondamenta e dagli alberi. In caso di posa di due o più pozzi perdenti in batteria, si dovrà mantenere una distanza minima pari a quattro volte il diametro degli stessi. A monte, dovrà essere posizionato un sifone/pozzetto deviatore, in modo da poter servire alternativamente i pozzi. Se necessario i pozzi devono essere preceduti da un sistema di trattamento e depurazione delle acque così rispettare i limiti di concentrazione dei composti previsti dal D.Lgs. 152/06.

Per tutto quanto non messo in evidenza si rimanda alle Norme Tecniche contenute nell'elenco prezzi di Regione Lombardia ed ai particolari tipologici allegati.

6.3.3 Manutenzione

Il pozzo perdente non richiede particolari manutenzioni. Periodicamente (generalmente ogni sei mesi) si dovrà controllare e rimuovere eventuali accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo.

6.4 TRINCEE DRENANTI E CANALI VEGETATI

Le trincee drenanti possono 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.



Figura 6-9: Esempi di trincee filtranti

DESCRIZIONE:	I dreni filtranti sono delle trincee foderate di geotessile e riempite di ghiaia, in grado di contenere, stoccare e filtrare temporaneamente le acque meteoriche.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	Data la loro struttura lineare le trincee e i canali vegetati secchi e bagnati sono adatti per essere inseriti in spazi pubblici e/o privati per convogliare le acque di run-off creando possibilità di arredo paesaggistico e di fruizione.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Sistemi di trattamento (disoleazione e sedimentazione) o separazione delle acque di prima pioggia a monte. Collegamento a un bacino di infiltrazione o ad un recettore finale con la limitazione allo scarico dato dal R.R. 7/2017.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: INFILTRAZIONE • CAPACITÀ DI ACCUMULO: SCARSA • DEPURAZIONE: SCARSA • RICARICA FALDA: Sì • COMPATTEZZA: Sì • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: Sì • FRUIBILITÀ: PARZIALE
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - possibilità di intasamenti - costi di costruzione abbastanza elevati - difficoltà di ispezione e manutenzione - necessario un pretrattamento delle acque meteoriche
MANUTENZIONE:	<p><i>Mensilmente:</i> taglio tappeto erboso, rimozione infestanti, pulizia parte superficiale del dreno e rimozione detriti, ispezione pretrattamenti, entrata/uscita tubazioni</p> <p><i>Semestralmente:</i> controllo e rimozione dei solidi grossolani</p>

Ogni trincea viene generalmente dotata di una condotta forata centrale 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.

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'utilizzo di ulteriori pre-trattamenti per impedire che particolato grossolano, terreno e foglie ocludano la struttura.

I vantaggi dell'utilizzo delle trincee filtranti sono:

- buona riduzione di volume dei deflussi d'acqua grazie alla buona capacità d'accumulo;
- buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi e basso fabbisogno di superficie, come ad esempio strade e parcheggi, con possibilità di essere posizionate al di sotto della superficie del terreno;
- ricarica delle acque sotterranee;
- scarsa manutenzione.

Di contro gli aspetti negativi possono essere:

- costi di costruzione e manutenzione elevati;
- possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un elevato trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia;
- difficoltà per l'ispezione e la manutenzione;
- è necessario un pretrattamento delle acque meteoriche in ingresso con sedimentazione e disoleazione a monte o uno scolmatore delle acque di prima pioggia.

6.4.1 Dimensionamento

La trincea viene dimensionata per raccogliere le acque ed infiltrarle nel terreno sottostante nell'arco delle 12-24. La portata d'acqua infiltrata è ricavabile dall'equazione di Darcy nota la permeabilità del materiale costituente la trincea drenante.

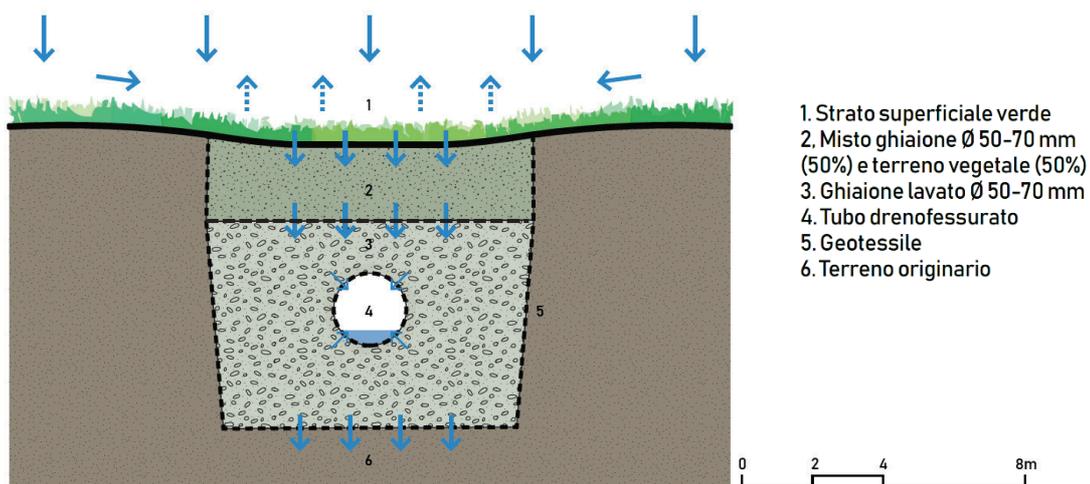


Figura 6-10: Sezione tipica di trincea drenante

La trincea è generalmente munita di una condotta forata centrale del diametro minimo DN 200 che ha lo scopo di veicolare le acque non infiltrate alla rete di drenaggio senza comportare l'esondazione della trincea stessa. Attraverso tale condotta è pure possibile fare interventi di pulizia; i fori sono del diametro minimo di 20 mm, in numero di 40 fori. La larghezza delle trincee in media è di 60 cm con profondità di circa 1,20 m.

Una tipica trincea d'infiltrazione è costituita da uno scavo nel quale sono posti tre strati di terreno:

1. il primo, partendo dall'alto, è uno strato con buone qualità per la crescita della vegetazione. Lo spessore sarà variabile da un minimo 30 cm nel caso di un tappeto erboso a crescere in relazione al tipo di vegetazione prevista;
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 sono caratterizzati da una conduttività idraulica crescente dall'alto verso il basso. Al contorno dello strato di detenzione (ghiaia) è, generalmente, collocato un tessuto permeabile (geotessuto) per ostacolare 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÷200 mm 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.

6.4.2 Indicazioni costruttive

Per la realizzazione dell'opera si procede dapprima con lo sbancamento del terreno in funzione della grandezza della galleria progettata. Si procede alla collocazione di uno strato di geotessuto filtrante sulle pareti sul fondo dello scavo per evitare l'intasamento della stessa da parte delle particelle fini. Si procede successivamente al riempimento del fondo con ghiaia lavata e poi alla collocazione della tubatura microforata per il drenaggio (avvolta anch'essa con uno strato di geotessuto per evitare l'intasamento dei pori). Si riempie lo scavo con ghiaia lavata fino a raggiungere circa la metà della profondità della buca e infine si ricopre, fino al piano campagna, con il suolo derivante dallo sbancamento opportunamente miscelato con sabbia e sostanza organica per aumentarne la porosità e le capacità di drenaggio. Tali dispositivi sono particolarmente adatti in zone sia commerciali che residenziali a medio-alta densità.

6.4.3 Manutenzione

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.

Si deve generalmente procedere alla pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbita, la frequenza del taglio del tappeto erboso dovrà avvenire in relazione alla caratteristica dell'area a verde e dell'altezza massima consentita dell'erba (prato estensivo, prato fruibile, etc). Bisognerà prevedere il contenimento e la rimozione delle infestanti, oltre a compiere ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento della tubazione drenante e la diminuzione della capacità filtrante. È necessario procedere all'asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando completamente intasato dai sedimenti.

Nel manuale di manutenzione allegato al progetto di invarianza idraulica, dovranno essere indicati i soggetti preposti alla gestione manutentiva delle opere in relazione alle diverse competenze. In generale AMSA si occuperà della pulizia e MM della manutenzione della parte impiantistica.

6.5 SISTEMI MODULARI GEOCELLULARI

I sistemi modulari geocellulari sono costituiti da moduli plastici leggeri con struttura modulare a nido d'ape a forma di parallelepipedo (Figura 6-11) ottenuti mediante assemblaggio di fogli di PVC opportunamente sagomati mediante termoformatura.



Figura 6-11: Diversi esempi di sistemi modulari geocellulari

DESCRIZIONE:	Moduli plastici leggeri con struttura modulare a nido d'ape a forma di parallelepipedo in PVC. I moduli vengono assemblati per creare strutture interrato disperdenti o vasche di laminazione.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	Data la loro struttura compatta sono adatti per: <ul style="list-style-type: none"> • convogliare le acque di run-off in spazi pubblici e parcheggi sfruttando al massimo la capacità di infiltrazione. • fungere da vasca di laminazione senza infiltrazione se ricoperti da uno strato impermeabile.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Possono esser preceduti da sistemi di separazione delle acque di prima pioggia e/o sistemi di disoleazione/sedimentazione delle acque meteoriche. Collegamento a un bacino di infiltrazione o ad un recettore finale con la limitazione allo scarico dato dal R.R. 7/2017.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: INFILTRAZIONE/ACCUMULO • CAPACITÀ DI ACCUMULO: BUONA • DEPURAZIONE: NO • RICARICA FALDA: SÌ • COMPATTEZZA: SÌ • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: NO • FRUIBILITÀ: NO
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - possibilità di intasamenti - difficoltà di ispezione e manutenzione - necessario un pretrattamento delle acque meteoriche
MANUTENZIONE:	Non necessaria, se non in caso di deterioramento.

Il sistema di drenaggio consiste nell'assemblare questi pacchi modulari (in affiancamento e in sovrapposizione) per creare strutture interrato come ad esempio: vasche di infiltrazione (se avvolte da un geotessile); vasche di laminazione o accumulo (se avvolte da una geomembrana).

La distribuzione dell'acqua all'interno dei moduli è garantita da un tubo forato, avvolto da un geotessile e collocato in una trincea riempita di ghiaietto drenante. Per motivi logistico-costruttivi la tubazione può anche essere inserita al di sotto o al di sopra della vasca, all'interno di uno strato drenante in ghiaia.

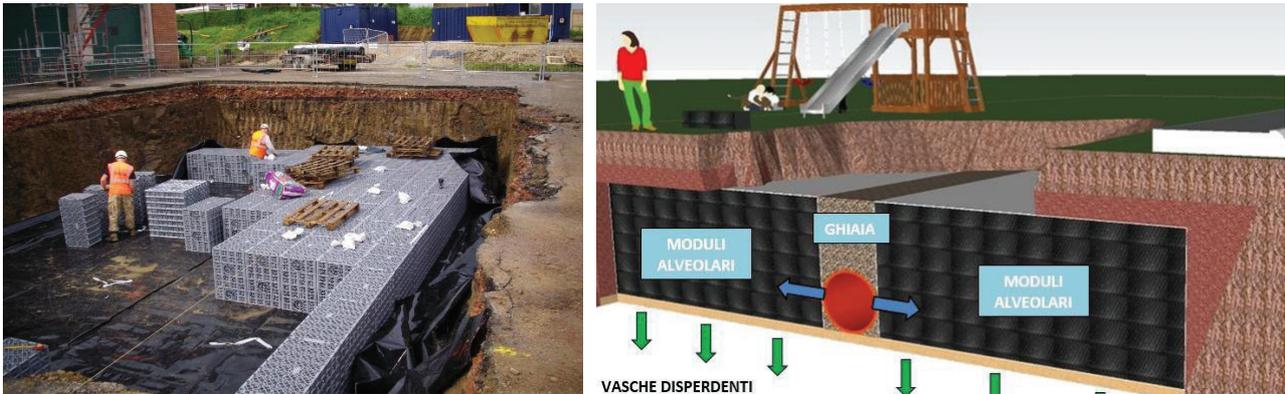


Figura 6-12: Diversi esempi di applicazioni dei sistemi modulari geocellulari: a) sotto le strade come accumulo senza infiltrazione nel sottosuolo; b) in aree pedonali con infiltrazione nel sottosuolo.

6.5.1 Dimensionamento

Per il dimensionamento dei sistemi modulari geocellulari si dovrà far riferimento alle metodologie di calcolo definite all'interno del R.R. 7/2017 e s.m.i. dipendenti dalla "classe di intervento" e dall'"ambito territoriale" di riferimento. Nella stima dei volumi di laminazione da realizzare si dovrà tenere in considerazione sia la portata scaricata in fognatura o corso d'acqua, nel rispetto dei limiti normativi, che quella infiltrata (nel caso sia prevista infiltrazione).

Infine vi è una valutazione dei carichi a cui sarà soggetto il sistema per la scelta della stratigrafia di posa. In base agli spessori di ghiaia scelti si valuta anche l'invaso specifico di acqua nel sistema.

Le dimensioni tipiche delle unità attualmente in commercio hanno una lunghezza variabile tra 0,8 e 1,2 m, una larghezza che oscilla tra 0,6 e 0,8 m e una profondità che varia tra 0,4 e 0,6 m. Il modulo è in grado anche di svolgere una parziale funzione di accumulo dell'acqua infiltrata che per le dimensioni sopra citate varia tra 100 e 500 l. La percentuale dei vuoti media stimata del modulo supera il 90%.

In Figura 6-13 si riporta uno schema tipo dei sistemi geocellulari.

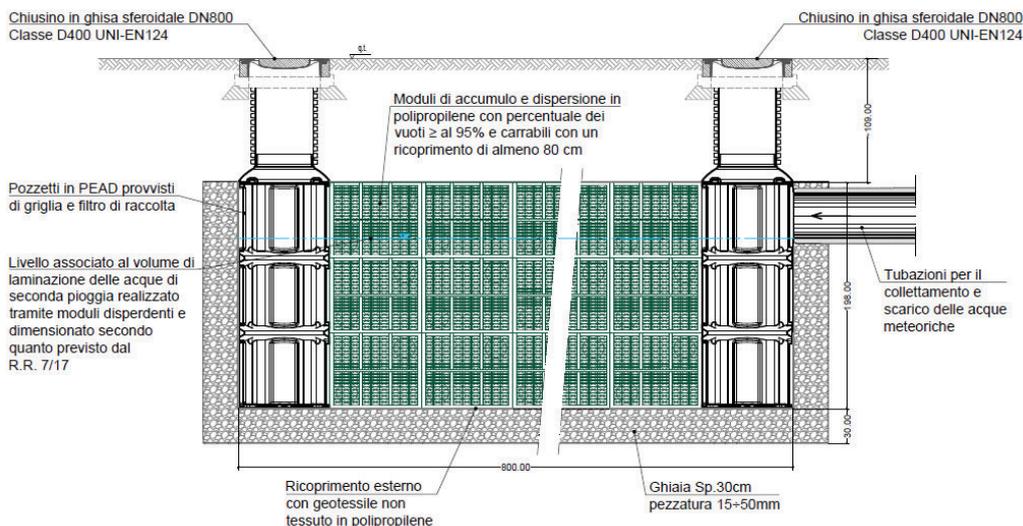


Figura 6-13: Esempio di progetto di sistemi geocellulari.

6.5.2 Indicazioni costruttive

Al fine di posizionare correttamente i sistemi modulari geocellulari è necessario procedere ad uno sbancamento del terreno in funzione della grandezza del bacino di accumulo/filtrazione che bisogna effettuare, della profondità desiderata e della tipologia di terreno presente.

Sarà poi necessario predisporre un fondo con sabbia o ghiaia fine con spessore di almeno 10 cm completamente piano. Si dovrà procedere poi la stesura di uno strato di geotessuto permeabile sul fondo e sui lati dello scavo se si vuole realizzare un bacino di infiltrazione oppure una geomembrana se si vuole realizzare un vaso di accumulo.

Si posano successivamente i moduli geocellulari, le tubazioni e di tutti i dispositivi idraulici necessari all'interno dello scavo effettuato. Infine si procede con la stesura di uno strato di geotessuto permeabile e di uno strato di sabbia di almeno 15 cm sul piano superiore dei moduli. L'interramento dei moduli avviene con il terreno precedentemente asportato fino al raggiungimento del piano di campagna definito dal progetto con eventuale integrazione di terra di coltura in relazione alle caratteristiche del terreno presente definito dal progetto.

I dispositivi idraulici generalmente adottati nei sistemi modulari geocellulari sono:

- sistemi modulari geocellulari;
- geotessuto o geomembrana;
- trappola per il fango in entrata e filtro per il fango amovibile;
- sistema di ventilazione, camera d'ispezione, scarico di troppo pieno;
- sistema per il controllo del flusso in uscita, tubature per il collegamento della trappola e del pozzetto di ispezione al bacino;
- pozzetti di intercettazione delle acque di prima pioggia per contenere i primi 5 mm di precipitazione nel caso i deflussi contengano idrocarburi, oli e reflui provenienti da aree agricole limitrofe e trattamento di disoleazione in caso di aree stradali o parcheggi.

L'utilizzo di sistemi modulari geocellulari può essere previsto solo a seguito di un attento studio idrogeologico, nel quale dovranno essere tenuti in considerazione i massimi delle piezometrie rilevati e le fasce di rispetto dei pozzi idropotabili riportati nel [Mapping Tool](#). Dovranno essere garantiti almeno 3,00 metri tra la quota di falda massima rilevata tra il 2000 ed il 2020 e la quota fondo dell'opera di dispersione e assicurando inoltre di non ricadere nelle fasce di rispetto dei pozzi idropotabili.

L'utilizzo di questi sistemi predisposti per l'infiltrazione in prossimità di un edificio potrà considerarsi idoneo solo nel caso in cui la distanza minima tra l'edificio ed il bacino sia di almeno 3 metri.

La distanza minima dalla luce netta dello scavo per la posa di tali sistemi dal filo del tronco delle alberature non essere inferiore a:

- 5 metri per gli esemplari monumentali o di pregio con circonferenza maggiore di 250 cm e per i soggetti di Platanus con circonferenza maggiore di 120 cm;
- 3 metri per le piante non incluse nel punto precedente.

La forma della struttura alveolare deve essere cubica in modo da poter facilmente applicare il geotessile e la membrana, agganciare i moduli fra loro ed avere una pressione omogenea del terreno sui moduli.

La scelta dell'altezza del bacino deve essere effettuata in funzione del tipo e della struttura del terreno e della destinazione d'uso dell'area sovrastante.

È bene rispettare le condizioni e le raccomandazioni di utilizzo suggerite dal costruttore in relazione al materiale di cui i moduli sono costituiti e al carico massimo che sono in grado di sopportare.

Per tutto quanto non messo in evidenza si rimanda alle Norme Tecniche contenute nell'elenco prezzi di Regione Lombardia ed ai particolari tipologici allegati.

6.5.3 Manutenzione

Nel manuale di manutenzione allegato al progetto di invarianza idraulica, dovranno essere indicati i soggetti preposti alla gestione manutentiva delle opere in relazione alle diverse competenze. In generale AMSA si occuperà della pulizia e MM della manutenzione delle opere idrauliche, l'Area verde del comune per la manutenzione ordinaria dei tappeti erbosi. Generalmente una volta posizionati non necessitano di manutenzione particolare se non in caso di deterioramento.

6.6 BACINI DI INFILTRAZIONE E BIORITENZIONE

I bacini di infiltrazione sono aree modellate in modo tale da creare dei piccoli invasi profondi tra 0,3 e 0,6 m adeguatamente modellati con pendenze inferiori a 30° e salti di quota minori di 45 cm che hanno la funzione di accumulare momentaneamente e smaltire tramite infiltrazione i deflussi prodotti da una superficie impermeabile. In Figura 6-14 si riportano degli esempi di bacini d'infiltrazione applicato in ambito privato e in contesto urbano.



Figura 6-14: Esempi di bacini di bioritenzione in ambito privato (a) e pubblico (b e c).

DESCRIZIONE:	I bacini di infiltrazione sono dei piccoli invasi poco profondi con funzione di invaso ed infiltrazione delle acque meteoriche.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	Nell'ambito di singoli edifici ed abitazioni prendendo il nome di "rain gardens", tipicamente collegati ai pluviali. Infiltrazione e/o laminazione delle acque meteoriche derivanti dalle superfici pavimentate pedonali (piazze e marciapiedi). Possono anche assolvere ad una funzione ornamentale e/o depurativa in relazione alle specie utilizzate.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Possono essere accoppiati a sistemi modulari geocellulari per aumentarne l'infiltrazione e/o a sistemi di trattamento o di separazione a monte delle acque di prima pioggia nel caso di drenaggio di superfici con transito di veicoli.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: INFILTRAZIONE/LAMINAZIONE • CAPACITÀ DI ACCUMULO: BUONA • DEPURAZIONE: BUONA • RICARICA FALDA: SÌ • COMPATTEZZA: NO • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: SÌ • FRUIBILITÀ: SÌ
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none"> - possibilità di intasamenti - necessità di grandi superfici
MANUTENZIONE:	<ul style="list-style-type: none"> • Rimozione infestanti, integrazione vegetazione morta, adeguata gestione manutentiva della vegetazione e rimozione dei sedimenti/rifiuti • Verifica annuale della presenza di fango secco e velocità di infiltrazione; interventi manutentivi per ripristinare la capacità drenante del terreno (verticutizzazione etc.)

La topografia ottimale per questo tipo di opera è quella pianeggiante. La presenza di pendii o lievi pendenze fanno sì che vi siano richiesti maggiori oneri finanziari per effettuare opportuni livellamenti e adattamenti del terreno. Questi piccoli bacini possono anche prevedere una permanenza di acqua al loro interno nel lungo periodo purché venga gestito il problema della proliferazione di insetti e zanzare.

Nel caso tali opere prevedano l'infiltrazione delle acque meteoriche derivanti dalle superfici stradali, parcheggi o spazi pubblici in generale, dovrà essere predisposto a monte un sistema di trattamento e/o un sistema di intercettazione e separazione delle acque di prima pioggia al fine di garantire la qualità delle acque infiltrate. Questa soluzione andrà valutata attentamente in relazione alle caratteristiche, dimensioni e localizzazione dell'area a verde pubblico e concordata preventivamente con gli uffici dell'amministrazione e MM.

I bacini di infiltrazione devono essere realizzati su suoli con elevata permeabilità (almeno 13 mm/h). I terreni più idonei sono quelli sabbiosi con presenza di ghiaia grossolana in quanto facilitano il drenaggio ed evitano il formarsi di ristagni idrici. Nel caso non si raggiunga la permeabilità minima necessaria è fondamentale effettuare eventuali aggiunte di sabbia, ghiaia e sostanza organica per aumentare le capacità di drenaggio del terreno.

Per mantenere nel tempo l'elevata permeabilità del bacino, sono di fondamentale importanza la presenza di specie vegetali erbacee rustiche come per esempio alcune varietà di *Festuca Arundinacea*, *Lolium Perenne* e *Poa Pratensis*.

I bacini di bioritenzione possono anche essere utilizzati nell'ambito di singoli edifici ed abitazioni, quindi, con una progettazione più semplice e un minore numero di componenti previsti, prendendo il nome di "rain gardens". I rain gardens sono spesso usati come unità di pretrattamento prima della raccolta delle acque di pioggia provenienti dalle coperture delle abitazioni in cisterne.

6.6.1 Dimensionamento

Il dimensionamento dei bacini di infiltrazione è generalmente condotto risolvendo l'equazione di continuità mettendo a sistema la portata infiltrata, la legge d'efflusso che governa le opere preposte allo scarico dell'invaso qualora si raggiunga una quota di troppo pieno e la legge d'invaso che dipende dalla forma dell'invaso stesso.

Questi bacini sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione dello spazio disponibile. Le principali specie che possono essere utilizzate sono:

Specie erbacee: *Graminacee*, *Lysimachia nummularia*, *Lythrum salicaria*, *Matteuccia struthiopteris*, *Mentha aquatica*, *Aruncus dioicus*, *Echinacea purpurea*, *Lobelia siphilitica*, *Caltha palustris*, *Eupatorium cannabinum*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Lychnis flos-cuculi*, *Petasites hybridus*, *Iris pseudacorus*, *Osmunda claytoniana* e *Veronica longifolia*.

Specie arbustive: *Cornus sanguinea*, *Frangula alnus*, *Salix purpurea*, *Viburnum Spp.etc.*

Specie Arboree: *Amelanchier laevis 'Service berry'*, *Acer spp.rubrum*.

Nel caso di impiego di piante perenni occorre prevedere un impianto di irrigazione e i relativi costi di manutenzione.

6.6.2 Indicazioni costruttive

Il modellamento del terreno ed il rispetto delle pendenze sono di fondamentale importanza per una buona riuscita dell'opera. È buona norma effettuare degli accurati rilievi topografici.

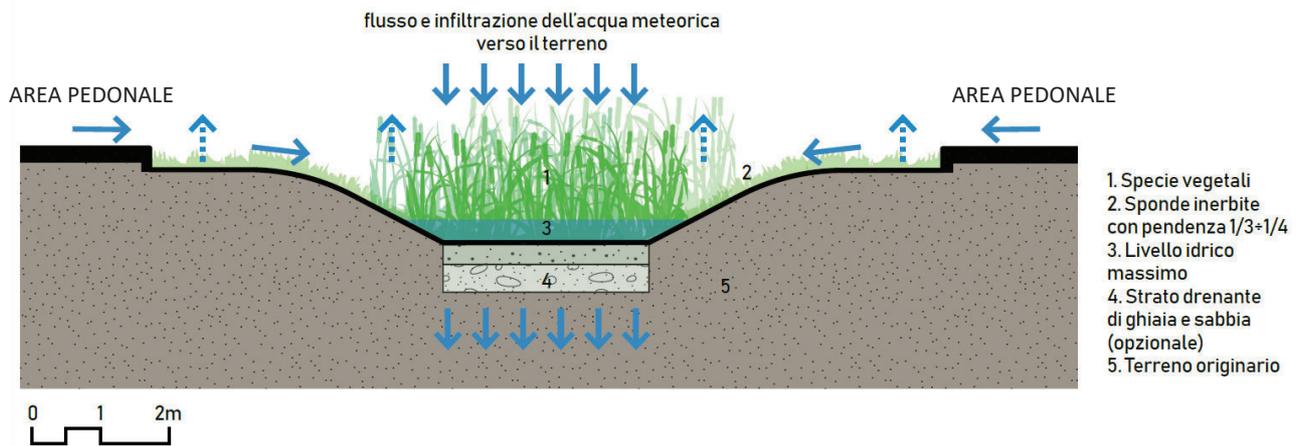


Figura 6-15: Schema tipologico di bacino di bioritenzione (rain gardens)

In caso della presenza di terreni poco permeabili è necessario miscelare sabbia, ghiaia e sostanza organica alla terra di coltivo per migliorarne le caratteristiche fisiche.

L'altezza dell'acqua deve essere inferiore a 20 cm o adottare soluzioni di protezione al fine di impedire il rischio di annegamento.

Per tutto quanto non messo in evidenza si rimanda alle Norme Tecniche contenute nell'elenco prezzi di Regione Lombardia ed ai particolari tipologici allegati.

6.6.3 Manutenzione

Sono necessari controlli e manutenzione regolari. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi.

Nel caso di canali vegetati progettati con un alto valore estetico, sono da considerare interventi manutentivi da parte di giardinieri. Tipicamente, è sconsigliato l'uso di fertilizzanti per i canali vegetati, ed è da evitare in caso di posizionamento dei canali in aree di acquifero sensibile.

La manutenzione ordinaria prevede il taglio dell'erba con frequenza mensile durante la stagione in cui è necessaria, per un totale di circa 5 tagli all'anno. la potatura delle specie arboree, arbustive, sostituzione delle piante morte e rimozione delle infestanti, rimozione delle foglie.

Periodicamente è necessaria la rimozione dei sedimenti, l'ispezione delle sponde e del letto per individuare eventuali processi erosivi, naturali o provocati da animali, la ripulitura del canale da rifiuti e detriti depositatesi, l'esame della pendenza del fango secco, la velocità di infiltrazione e la rimozione dei sedimenti trasportati dal deflusso e il dissodamento del terreno. Bisognerà inoltre prevedere il contenimento di specie e animali invasivi.

6.7 AREE DI DETENZIONE: PARCHI INONDABILI E PIAZZE DELLA PIOGGIA

Possono essere generalmente definite come aree di detenzione quelle aree che, in caso di piogge intense, hanno la funzione di invasare temporaneamente le acque meteoriche e rilasciarle successivamente all'evento pluviometrico in modo da alleggerire la rete di drenaggio urbano. Possono essere localizzate all'interno dei grandi parchi urbani in zone morfologicamente depresse oppure in contesti urbanizzati come piazze o campi sportivi, svolgendo una funzione di invaso temporaneo garantendo una portata limite al recettore finale pari a quella indicata dal R.R. 7/2017. Generalmente questi sistemi complessi sfruttano diversi sistemi di drenaggio accoppiati tra loro, quali sistemi di infiltrazione puntuali (pozzi e trincee di infiltrazione) ed estensivi (bacini di infiltrazione), vasche di accumulo (superficiali e sotterranee). Per le aree verdi inondabili le acque eventualmente provenienti da strade o parcheggi dovranno prevedere a monte l'intercettazione e la separazione delle acque di prima pioggia e/o dei trattamenti di disoleazione/dissabbiatura al fine di preservare terreni e falda da eventuali contaminazioni.

6.7.1 Grandi parchi con zone inondabili

I parchi pubblici sono progettati come spazi multifunzionali, in relazione alle dimensioni, tipologie e localizzazione possono avere delle zone con funzione di laminazione delle acque piovane, fruibili solo parzialmente in caso di eventi estremi, accessibile durante i periodi più siccitosi. È così possibile contribuire a risolvere le criticità di drenaggio di aree anche molto estese e, in contemporanea, aumentare la qualità di vita dei cittadini, sia da un punto di vista sociale (il parco come luogo di incontro, socializzazione, relax), sia ambientale (in termini di qualità dell'aria e delle acque), che economico (aumento dell'attrattività del quartiere e supporto all'insediamento di attività commerciali). I grandi parchi con zone inondabili sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda;
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;
- incrementare la biodiversità.

I grandi parchi con zone inondabili possono essere di estensione variabile, con superfici permeabili in cui prevale di gran lunga la componente vegetale e naturale. Vengono realizzati con l'obiettivo di drenare le acque piovane in maniera sostenibile grazie ad una grande varietà di combinazioni di soluzioni progettuali che combinano vari elementi quali depressioni morbide, bacini umidi, fossati o trincee infiltranti, stagni o giardini umidi. Si tratta di spazi verdi che presentano quote, linee di pendenza e superfici tali da ricevere e stoccare temporaneamente le acque meteoriche che ruscellano dalle superfici impermeabili. La sicurezza delle persone deve essere sempre garantita: per questo sono sempre previsti percorsi a una quota superiore al livello dell'acqua sia perimetrali che di attraversamento che permettono di mantenere fruibile il parco anche durante gli eventi più intensi. I grandi parchi con zone inondabili si distinguono tra:

- **PARCHI CON ZONE INONDABILI URBANI** che possono far fronte alle criticità di drenaggio urbano, ovvero legate alle acque meteoriche delle aree urbanizzate limitrofe al parco, aree interessate da sistemi di messa in sicurezza dei terreni, o in prossimità di canali con problemi di esondazione (ad esempio il Martin Luther King Park di Parigi di circa 10 ettari o il Parc du Trapez di Boulogne Billancourt di circa 7 ettari; Velodromo del Parco Nord a Milano; Parco del PII Calchi Taeggi in costruzione);
- **PARCHI CON ZONE INONDABILI FLUVIALI** spazi più vasti e con un'influenza di scala maggiore, che risolvono le criticità dei corsi d'acqua che attraversano aree urbane (ad esempio il Parco dell'Acqua Luis Buñuel di Saragozza in Spagna di circa 120 ettari). In entrambi i casi, il parco deve far fronte ad una duplice funzione: divenire un luogo fruibile per i cittadini e mettere in sicurezza idraulica il territorio.

I parchi con zone inondabili sono individuati in accordo con gli uffici dell'amministrazione e progettati secondo un approccio multidisciplinare che deve prendere in considerazione:

- gestione sostenibile delle acque meteoriche;
- rafforzamento della diversità biologica e della componente verde;
- creazione di nuovi spazi urbani vivibili e multifunzionali.

I parchi con aree inondabili, caratterizzati da superfici a verde permeabile e dalla temporanea presenza di acqua, sono il recapito dei contributi di acqua meteorica proveniente dai canali inondabili e ove possibile, lavorano in sinergia con le trincee e pozzi d'infiltrazione, ripristinando il ciclo idrologico naturale verso la falda. I parchi con zone inondabili sono inseribili nelle aree verdi di trasformazione urbana con funzione di laminazione e presidio idraulico di quartiere e di vaste aree urbane.

Un parco con zone inondabili può essere realizzato in aree verdi esistenti in occasione di interventi di ristrutturazione, in relazione alla presenza di vegetazione arborea, caratteristiche ambientali del terreno, impianti in sottosuolo, etc.. L'intervento potrà consistere nella modellazione del terreno e l'inserimento di un sistema di collettamento, superficiale o con condotte interrato, delle acque di run-off all'interno dell'area allagabile. Le acque provenienti da piazze e/o percorsi ciclo-pedonali possono essere gestite all'interno di grandi parchi con zone allagabili, previa verifica della mancanza di pericolo di contaminazione o inquinamento del sito. In generale, in funzione del grado di inquinamento, può essere necessario un sistema di separazione/trattamento delle acque di prima pioggia, che può essere realizzato mediante soluzioni di impianti interrati per la sedimentazione e la separazione degli olii di cui occorrerà trovare l'adeguata collocazione senza ridurre le superfici permeabili del parco

In Figura 6-16 è riportata un'immagine del parco urbano inondabile all'interno dell'eco-quartiere Desjardins a Angers-Maine-et-Loire in Francia. Il parco offre una molteplicità di possibilità, dal semplice riposo e relax, alle aree di gioco, al giardino pedagogico.

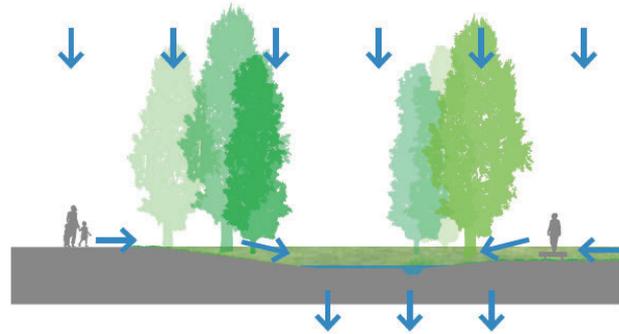


Figura 6-16: esempio di parco urbano inondabile (bacino all'interno dell'eco-quartiere Desjardins a Angers-Maine-et-Loire in Francia – Progetto paesaggistico di Phytolab - Masterplan e foto di Enet Dolowy – Urbanisme Paysage)

EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



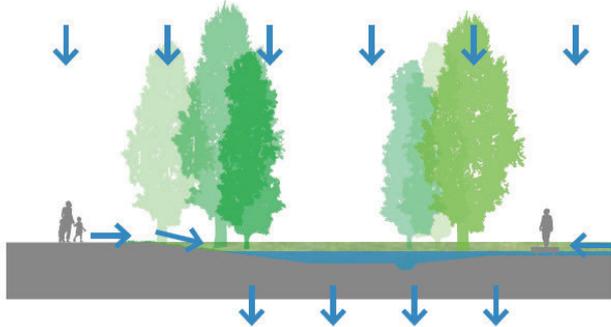
L'area del bacino rimane fruibile e le portate di pioggia interessano solamente la fascia limitrofa alla canaletta/fosso di magra.



EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR- 2 ANNI)



Si allaga l'area umida mentre la porzione sulla destra e la passerella rimangono fruibili.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR- 100 ANNI)



Si allaga anche l'area sulla destra mentre la passerella rimane fruibile come percorso di attraversamento.

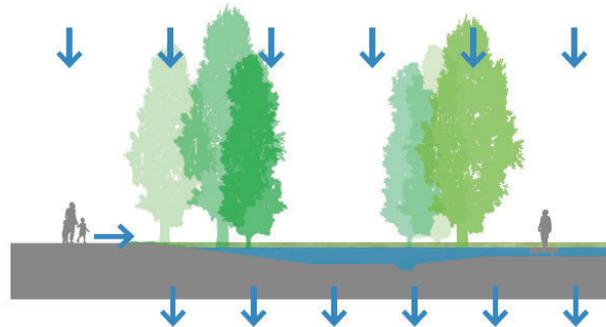


Figura 6-17: Schematizzazione dell'entità dell'allagamento a fronte dei diversi eventi pluviometrici nel parco urbano inondabile dell'eco-quartiere Desjardins a Angers-Maine-et-Loire in Francia (tratto da SOS4Life "Liberare il suolo - Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana", Regione Emilia Romagna)

6.7.2 Piazze parzialmente inondabili

Le piazze parzialmente inondabili sono dimensionate per far fronte ad eventi meteorici con tempi di ritorno ≥ 10 anni ed in modo da garantirne un completo svuotamento in un tempo di solito non superiore a 24 ore per motivi igienici. Nelle piazze pedonali in caso di piogge ordinarie, le acque meteoriche possono essere coltate attraverso canalette superficiali verso aree permeabili come aiuole a verde, che ne favoriscano l'infiltrazione nel sottosuolo. In caso di eventi di maggiore entità, invece, l'eccesso di portata può essere raccolto da canalette superficiali, griglie o sistemi di caditoie e condotte che collettano l'acqua verso la piazza inondabile o che allagano in modo diretto la superficie della piazza o parte di essa. Possono inoltre essere previsti ulteriori volumi di invaso interrati, ad esempio attraverso vasche o box prefabbricati. Nei casi in cui l'accumulo di sedimenti può essere significativo, prima dell'immissione delle acque nella piazza allagabile è bene prevedere un sistema di sedimentazione e pretrattamento. I sistemi costruttivi possono prevedere:

- pavimentazioni minerali ma con modalità di posa che ne assicurino la parziale permeabilità (ad esempio mediante giunti drenanti o materiali porosi);
- materiali semipermeabili;
- aree a verde come aiuole o prati.

Il funzionamento idraulico del sistema può essere più o meno articolato, a seconda del layout di progetto che può prevedere settori di 'allagamento progressivo', ovvero aree inondate o meno a seconda dell'intensità della pioggia. Le piazze inondabili possono essere progettate con sezioni e profondità variabili, per zone o comparti allagabili progressivamente, a seconda dell'intensità dell'evento, così da massimizzare la fruibilità dell'area e modularne l'allagabilità. Anche in caso di allagamento massimo, sono garantiti i percorsi perimetrali e di attraversamento, in modo da mantenere lo spazio circostante sempre fruibile. È di norma importante realizzare uno o più collegamenti di troppo pieno alla rete fognaria per far fronte agli eventi di pioggia eccezionali.

Le piazze inondabili sono generalmente realizzate con superfici minerali e sono solo in parte permeabili; possono ricevere l'acqua meteorica proveniente dai fossati inondabili oltre che dalla fognatura bianca.

Queste piazze, possono essere realizzate a piccola o ampia scala, dalla piazza di quartiere a superfici anche di 1 ettaro. Sono prevalentemente impiegate in ambiti urbani densamente edificati, o di nuova urbanizzazione o di trasformazione di spazi pubblici esistenti. In generale, tali interventi sono applicabili in sostituzione a vecchie superfici adibite a parcheggi, piazze ed altri spazi urbani, anche dismessi, rivitalizzandoli e conferendogli resilienza idraulica e attrattività.

Il progetto dovrà essere sviluppato in modo da garantire sempre condizioni di sicurezza per i fruitori, evitando salti di quota superiori a 45 cm, inoltre le aree con presenza di acqua superiore a 20 cm dovranno essere adeguatamente protette.

Nel caso di luoghi con grande flusso di persone sarà necessario prevedere l'utilizzo di sistemi di protezione coerenti con la città urbanizzata. Il progetto dovrà essere sviluppato in modo da garantire sempre condizioni di sicurezza per i fruitori, evitando salti di quota superiori a 45 cm, inoltre le aree con presenza di acqua superiore a 20 cm dovranno essere adeguatamente protette. In generale per realizzazione di piazze parzialmente allagabili occorre avere a disposizione ampi spazi attorno ai quali possono essere garantite molteplici attività oltre che essere garantita la fluidità in sicurezza dei flussi pedonali. Per questo motivo va valutata con estrema attenzione la realizzazione di questo tipo di opere nel centro storico.

In generale le piazze parzialmente inondabili, realizzate con elementi minerali, sono adatte per le aree ove per vari motivi non sia possibile l'infiltrazione nel sottosuolo. Nel caso di aree esclusivamente pedonali, è possibile integrare il progetto con superfici vegetate per favorire la parziale infiltrazione creando elementi di arredo urbano e migliorando il microclima (riduzione dell'effetto isola di calore). Nel caso di presenza di aree

di infiltrazione, è necessario verificare la eventuale vulnerabilità della falda acquifera e la capacità di infiltrazione del terreno esistente, prevedendo degli interventi per impedire la contaminazione della falda.

L'area può essere interamente fruibile, in condizioni asciutte, come spazio di gioco, per attività culturali, o relax; sarà invece solo parzialmente fruibile per eventi di modesta intensità che determinano un parziale allagamento della piazza, mediante la realizzazione di settori a quote diverse; dovranno invece essere sempre garantiti i percorsi perimetrali per permettere la percorribilità dei percorsi perimetrali o delle aree limitrofe alla piazza nel caso di eventi meteorici rilevanti.

La manutenzione periodica riguarda aspetti idraulico-impiantistici e agronomici:

- ispezione periodica del sistema idraulico di caricamento e scarico, ovvero ispezione e pulizia delle reti di raccolta;
- verifica della presenza di sedimenti ed eventuale rimozione, in particolare a seguito di eventi meteorici intensi. In fase progettuale è importante individuare un facile accesso per i mezzi e il personale addetto alla manutenzione. I costi sono dipendenti dal grado di complessità del progetto.

In Figura 6-18 è riportata la piazza di Benthemplein a Rotterdam in versione bagnata, a seguito di un evento di pioggia. Grazie ad una serie di lunghe canalette a cielo aperto, realizzate con deboli pendenze, l'acqua viene collettata negli invasi della piazza ribassata: sono presenti 3 bacini minerali che raccolgono le acque della piazza, dei percorsi pedonali e delle coperture degli edifici circostanti. Ognuno dei 3 bacini entra in funzione a seconda dell'intensità di pioggia. In questo modo, la piazza funge da sistema di accumulo temporaneo delle piogge meteoriche alla scala del quartiere.

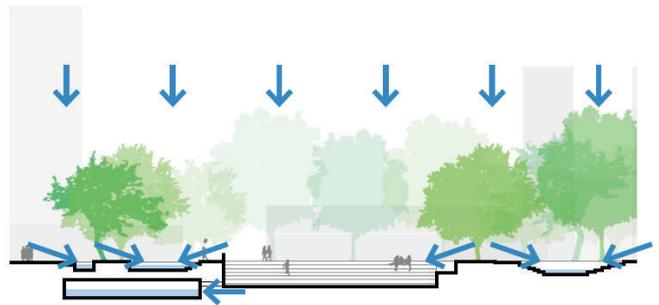


Figura 6-18: Esempio di piazza allagabile: piazza di Benthemplein a Rotterdam

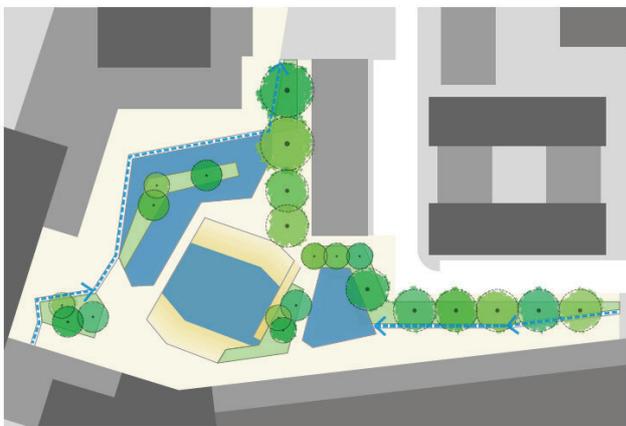
EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



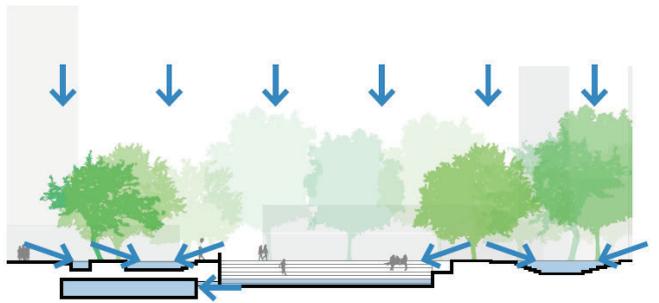
Lo spazio principale della piazza rimane fruibile e le portate di pioggia interessano solamente i bacini più superficiali 1 e 2.



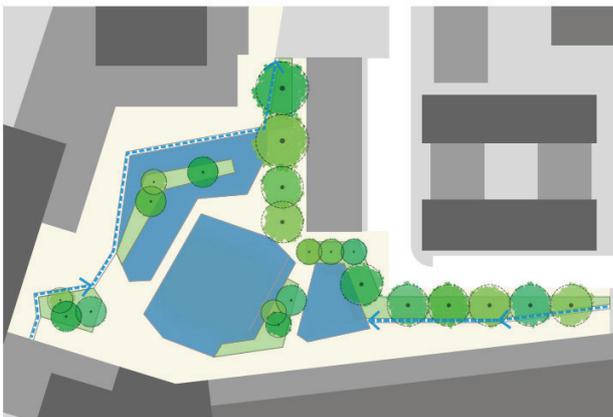
EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR- 2 ANNI)



Oltre ai bacini più superficiali 1 e 2, si allaga parzialmente anche la porzione centrale della piazza principale 3.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR- 100 ANNI)



Si allagano completamente tutti e 3 i bacini e rimangono fruibili solamente i percorsi pedonali perimetrali in quota.

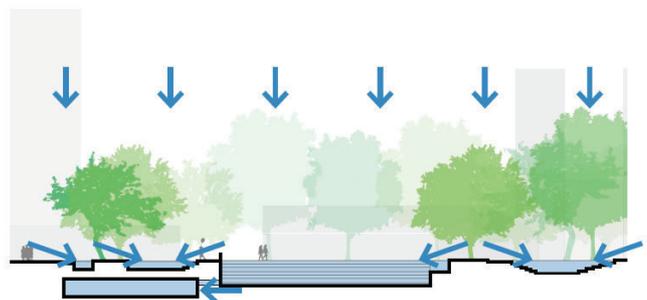


Figura 6-19: Schematizzazione dell'entità dell'allagamento a fronte dei diversi eventi pluviometrici nella piazza allagabile di Benthemplein a Rotterdam (Progetto e foto di Die Urbanisten tratto da SOS4Life "Liberare il suolo - Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana", Regione Emilia Romagna)

6.8 OPERE DI LAMINAZIONE SOTTERRANEE: VASCHE VOLANO E BIG PIPE

Per la laminazione delle portate meteoriche con limitazione allo scarico ma senza alcuna infiltrazione nel sottosuolo possono essere adottate sia vasche che tubazioni di grande diametro. Entrambi i sistemi dovranno essere dotati di limitazione allo scarico secondo quanto previsto dal R.R. 7/2017. Tali impianti non dovranno essere posti in aree a verde pubblico.

DESCRIZIONE:	Sistemi sotterranei di laminazione/detenzione delle acque meteoriche con recapito nella rete acque miste con limitazione allo scarico.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	Utilizzati in ambito urbano per laminazione delle acque meteoriche provenienti dal drenaggio di strade e parcheggi (anche interrati) ove ci sia poco spazio disponibile. Possono essere posizionate sotto aree pavimentate anche ad uso veicolare.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Possono essere accoppiati a sistemi di infiltrazione e fungere da accumulo previa separazione delle acque di prima pioggia
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none">• FUNZIONE IDRAULICA: LAMINAZIONE/DETENZIONE• CAPACITÀ DI ACCUMULO: BUONA• DEPURAZIONE: NO• RICARICA FALDA: NO• COMPATTEZZA: SÌ• CONFORT URBANO E MICROCLIMA: NO• FRUIBILITÀ: NO
LIMITAZIONI:	<ul style="list-style-type: none">- Non riducono i volumi recapitati nella rete mista, solo limitazione della portata- Non prevedono ricarica della falda
MANUTENZIONE:	<ul style="list-style-type: none">• Pulizia periodica e rimozione sedimenti

Una volta determinato il volume da assegnare all'invaso, la scelta dell'una o dell'altra tipologia costruttiva dipende da vari fattori: conformazione e caratteristiche fisiche dell'area oggetto di intervento, costo dei materiali, costo delle operazioni di scavo, regolamenti locali, ecc..

In generale con le vasche in cemento armato, per la loro sezione rettangolare e per il fatto che forniscono un volume continuo, si ottiene un maggiore volume d'invaso per unità di area scavata rispetto a quello ottenibile con tubi circolari di grande diametro. Ciò è dovuto anche al fatto che i tubi devono essere reciprocamente distanziati di una quantità minima, per ragioni di integrità strutturale.

D'altra parte i sistemi di tubi hanno una maggiore flessibilità di impiego e perciò si utilizzano laddove le caratteristiche dello spazio disponibile non consentono l'inserimento di una vasca.

A differenza degli invasi a cielo aperto, soprattutto quelli dotati di uno specchio d'acqua permanente o sistemi di bioritenzione e/o fitodepurazione, i serbatoi di laminazione interrati non provvedono alla riduzione dei carichi inquinanti veicolati dalle acque meteoriche. Qualora il recettore finale di questi invasi di laminazione, non fosse la fognatura ma un corso d'acqua, è necessaria una separazione a monte delle acque di prima pioggia e/o un trattamento di depurazione. Il sistema più efficace consiste nel realizzare una vasca di prima pioggia, a monte dell'invaso di laminazione, tale da trattenere la prima frazione dell'evento meteorico (caratterizzata dai massimi carichi inquinanti) e da inviarla successivamente alla depurazione. Una volta riempita essa non viene più interessata dalle acque successive (per evitare rimescolamento) e, tramite un ripartitore, inizia l'invaso nella vasca volano.



Figura 6-20: Esempio di opere di laminazione sotterranee costituite da vasche in cemento armato gettata in opera (a) e prefabbricate (b).

Se il livello idrico della falda è poco al di sotto del piano di campagna e quindi interseca la vasca, si possono avere problemi di galleggiamento, per cui è opportuno realizzare una platea di spessore consistente.

I “big pipe” sono sistemi di contenimento delle acque meteoriche che prevedono l’utilizzo di tubazioni di grande diametro per realizzare i volumi di laminazione richiesti. Questi sistemi risultano essere molto funzionali nel caso in cui l’area di intervento si sviluppi prevalentemente lungo una certa direzione, come ad esempio una strada o un viale. Le tubazioni utilizzate sono tubazioni prefabbricate realizzate in c.a. vibro-compresso a sezione interna circolare di diametro pari a circa 1500 mm, il quale garantisce un buon connubio tra un adeguato volume di laminazione e un ingombro generalmente compatibile con gli altri sottoservizi presenti. Lungo la tubazione dovranno essere previste delle camerette di ispezione ogni 30÷40 m, accessibili attraverso chiusini in g.s. Ø800 D400, che ne permettano la manutenzione.

A valle della tubazione, prima del recapito finale, dovrà essere realizzato un manufatto di regolazione delle portate che permetta un controllo dei volumi defluiti verso valle.

Tali opere possono trovare impiego come opere di drenaggio/laminazione delle acque meteoriche per infrastrutture sotterranee, quali, ad esempio, parcheggi interrati o stazioni metropolitane.

Di seguito si riporta uno schema progettuale di un sistema di laminazione realizzato tramite “big pipe”.



Figura 6-21: Esempio di strutture di laminazione costituite da tubazioni sotterranee e sovradimensionamento del sistema di drenaggio delle superfici impermeabili

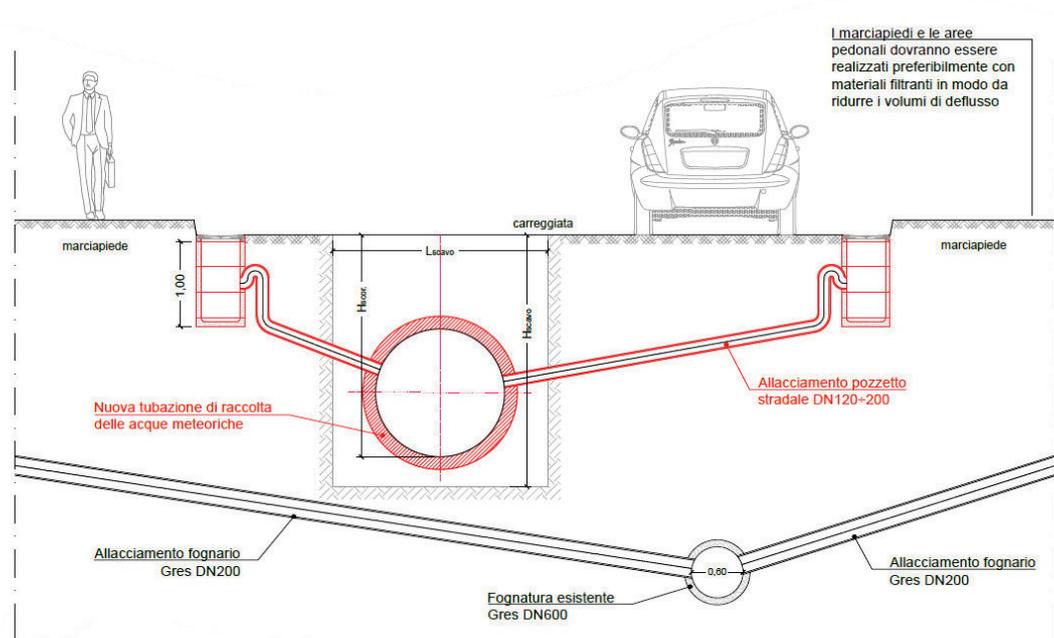
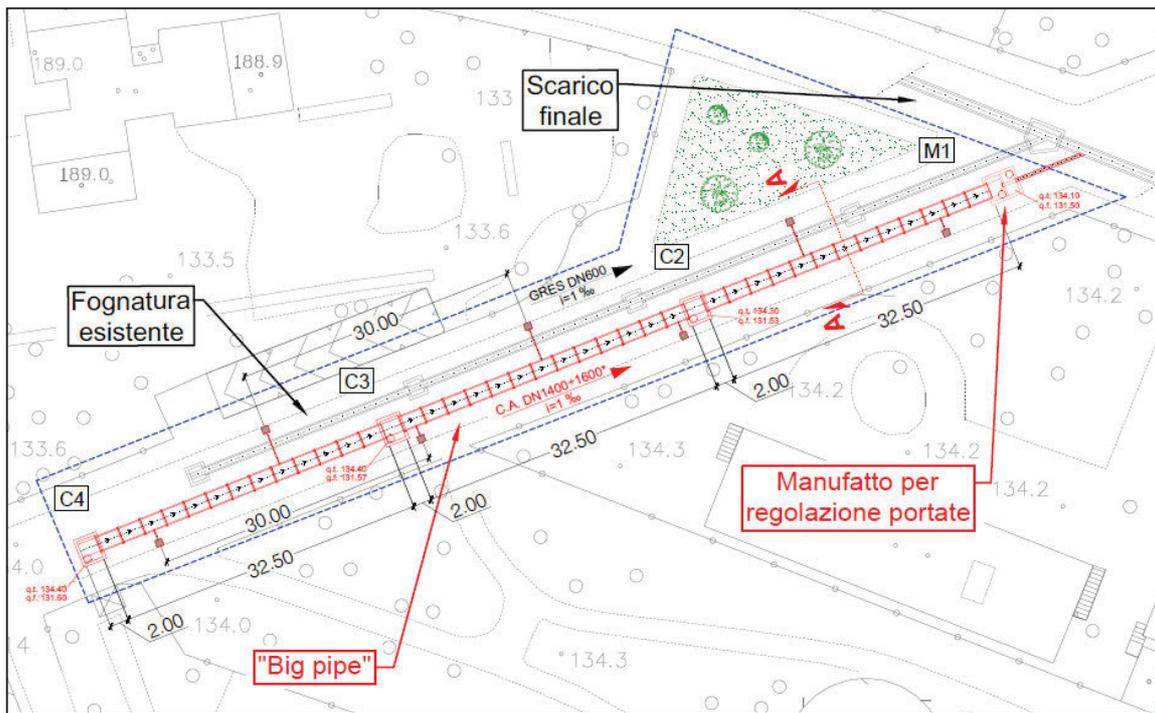


Figura 6-22: Schema progettuale di un'opera di laminazione realizzata tramite "big pipe"

6.8.1 Indicazioni costruttive

Questa tipologia di opere viene realizzata generalmente sotto superfici impermeabili quali ad esempio strade e viali, è quindi necessario che le vasche/tubazioni siano posate e rinterrate secondo quanto previsto dalle Specifiche Tecniche del Preziario Regionale delle Opere Pubbliche vigente, garantendo adeguate distanze dalle alberature come prescritto dal Regolamento d'uso e tutela del verde pubblico.

Per garantire una maggiore stabilità della vasca/tubazione durante le fasi di posa è buona norma rivestire il letto di posa con uno strato di magrone di altezza variabile per tutta la sua lunghezza.

Per tutto quanto non messo in evidenza si rimanda alle Norme Tecniche contenute nell'elenco prezzi di Regione Lombardia ed ai particolari tipologici allegati.

6.8.2 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. Dovranno essere previsti degli accessi da posizionare indicativamente ogni 30 metri e i manufatti per l'ispezione saranno attrezzati con chiusini DN800 in ghisa sferoidale D400.

Per quanto riguarda le opere di infiltrazione, a monte delle stesse dovrà essere previsto un manufatto che permetta di separare le acque di prima pioggia, maggiormente inquinate, e di inviarle direttamente al recapito finale, facendo sì che i sistemi di infiltrazione siano alimentati solamente dalle acque di seconda pioggia (caratterizzate da carico inquinante generalmente compatibile con l'infiltrazione).

Di seguito si riportano due esempi di possibili sistemi di scarico, il primo con separazione delle acque di prima e seconda pioggia utilizzabile in caso di opere di infiltrazione e il secondo con sola regolazione delle portate scaricate per opere di laminazione (esempio "big pipe").

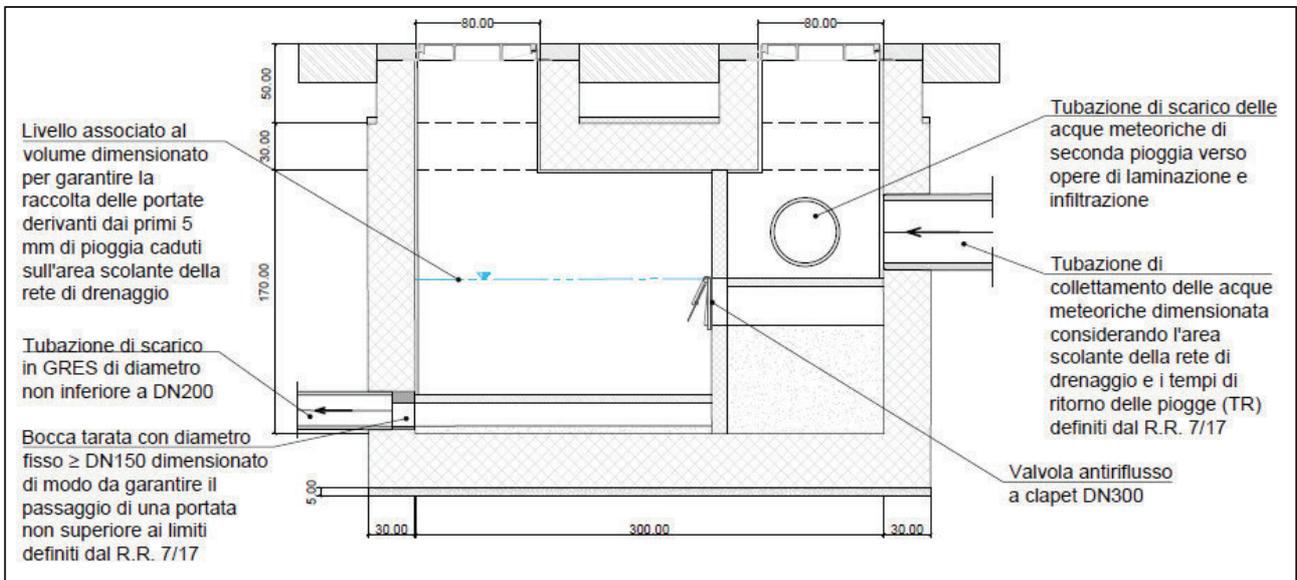


Figura 6-23: Manufatto di scarico controllato delle acque meteoriche con sistema di separazione delle acque di prima e seconda pioggia da installare a monte delle opere di infiltrazione

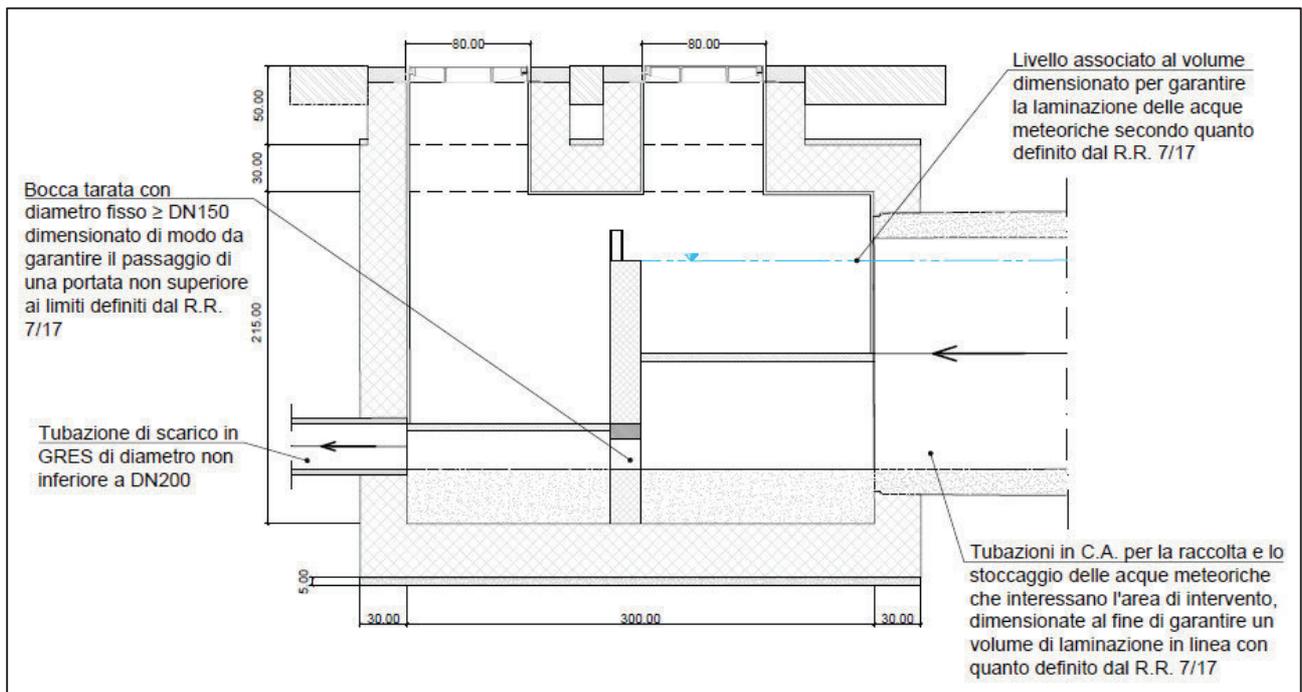


Figura 6-24: Manufatto di scarico controllato delle acque meteoriche nel caso di realizzazione del volume di laminazione tramite “big pipe”.

Il diametro della tubazione di scarico non dovrà essere inferiore a 200 mm in modo da evitare possibili intasamenti che comprometterebbero il corretto funzionamento dell’opera. Per poter garantire un valore di portata scaricata in linea con quanto definito dal regolamento potrà essere inserita nel pozzetto a valle dell’opera di laminazione una bocca tarata ($DN \geq 150$ mm), dimensionata sulla base dei tiranti e dei gradienti idraulici di progetto.

Nel caso in cui lo scarico avvenga all’interno di un corso d’acqua superficiale dovrà essere prevista l’installazione di un impianto dissabbiatore/disoleatore che permetta di ridurre il carico inquinante contenuto nelle acque scaricate. A titolo di esempio di seguito si riporta una sezione di un possibile impianto di dissabbiatura/disoleazione a doppia camera.

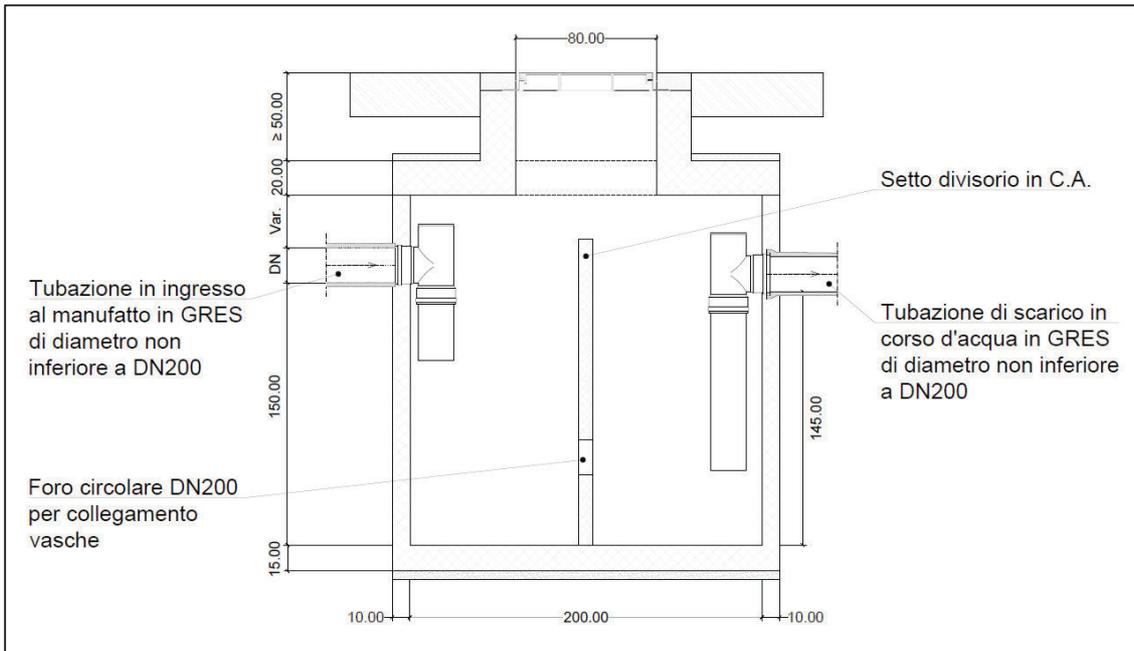


Figura 6-25: Sezione tipo manufatto dissabbiatore/disoleatore

6.9 COPERTURE VERDI

I tetti verdi riducono gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche. Le coperture rinverdite, rispetto a quelle di tipo tradizionale, oltre a consentire il controllo qualitativo (filtrazione) e quantitativo (assorbimento, detenzione, evapotraspirazione) delle acque di pioggia, hanno il pregio di migliorare sotto l'aspetto ambientale ed estetico il contesto urbano in cui si inseriscono nonché aumentare l'assetto coibente dell'abitazione e ridurre le dispersioni energetiche. In Figura 6-26 si riportano alcuni esempi di applicazione del verde pensile nella città di Milano.



Figura 6-26: Esempi pareti e tetti verdi a Milano (Studio Piuarch a Brera, Torre Giax a Dergano)

DESCRIZIONE:	I tetti verdi riducono gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche e rallentano l'arrivo delle acque meteoriche alla rete pubblica di drenaggio.
AMBITO DI APPLICAZIONE:	I principali campi di applicazione del verde pensile sono: <ul style="list-style-type: none"> - coperture di condomini e capannoni industriali; - scuole ed edifici pubblici; - infrastrutture; - terrazze private; - piazze, aree verdi pubbliche e garage interrati.
ABBINAMENTO CON ALTRI SUDS:	Possono essere accoppiati a cisterne per il recupero dell'acqua piovana per l'irrigazione e il riutilizzo in ambito domestico.
FUNZIONI IDRAULICHE ED ECOSISTEMICHE:	<ul style="list-style-type: none"> • FUNZIONE IDRAULICA: LAMINAZIONE • CAPACITÀ DI ACCUMULO: SCARSA • DEPURAZIONE: SÌ/NO • RICARICA FALDA: NO • COMPATTEZZA: NO • CONFORT URBANO E MICROCLIMA: SÌ • FRUIBILITÀ: SÌ
LIMITAZIONI:	- Costi di realizzazione e manutenzione
MANUTENZIONE:	<ul style="list-style-type: none"> • taglio periodico delle specie vegetali, pulizia e smaltimento di foglie secche, rimozione delle specie infestanti, concimazione, sostituzione delle piante morte ed irrigazione del substrato • verifica annuale dell'impianto di irrigazione e la pulizia dei canali di scolo.

Oltre alla loro funzione idraulica presentano anche altre funzioni ecosistemiche, quali:

- 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.

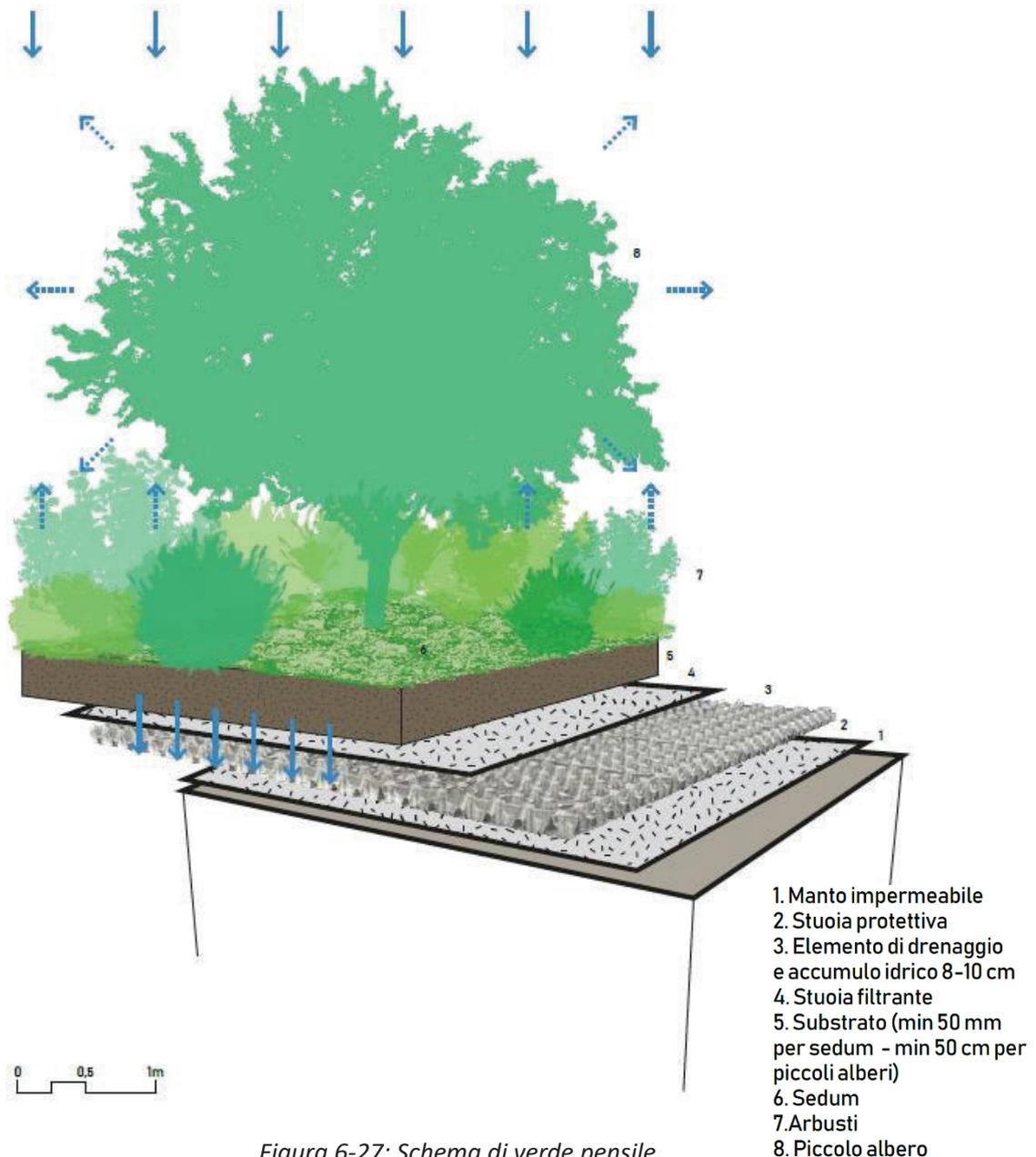


Figura 6-27: Schema di verde pensile

6.9.1 Dimensionamento

I criteri di progettazione sono essenzialmente collegati alla pendenza delle coperture (la situazione ottimale si ha con pendenze limitate o nulle) e alla disponibilità di eseguire interventi di gestione e manutenzione delle coperture (irrigazione, concimazione, tagli, ecc.).

La riduzione dei deflussi dipende dalla pendenza delle coperture, dal substrato utilizzato, dalla struttura e dallo spessore degli strati, nonché dall'intensità e dalla durata della precipitazione. In via approssimativa, i coefficienti di deflusso dei tetti verdi variano in relazione allo spessore del substrato utilizzato per il rinverdimento. Un'analisi della letteratura ha mostrato che si possono ottenere anche valori del coefficiente di deflusso che arrivano fino a 0,25 (Mentens et al., 2006).

I criteri progettuali devono tenere in considerazione:

- gli obiettivi e le funzioni di una copertura a verde ovvero fruibilità della copertura, fruibilità visiva, influenza sulle prestazioni interne dell'edificio, influenza sulle prestazioni esterne dell'edificio. compensazione ambientale;
- l'analisi del contesto ovvero l'entità della radiazione solare incidente, la meteorologia del sito, la qualità dell'aria;
- gli agenti che si riversano sull'elemento di verde pensile ovvero agenti idrici, biologici, chimici, fisici cioè carichi permanenti e sovraccarichi variabili. termici connessi alla tipologia costruttiva, radiativi;
- i requisiti che il verde pensile si vuole che rispetti ovvero, capacità agronomica, capacità drenante, capacità di aerazione dello strato drenante, capacità di accumulo idrico, capacità di aerazione dello strato colturale, resistenza agli attacchi biologici.

La progettazione e l'esecuzione è regolata da norme ufficiali come ad esempio la norma UNI 11235:2007 *"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture a verde"* per dettagli sugli accorgimenti costruttivi e sugli interventi di manutenzione.

6.9.2 Indicazioni costruttive

In relazione alle caratteristiche tecnico-costruttive degli edifici ed agli usi previsti, si distingue tra rinverdimento estensivo e intensivi. I rinverdimenti estensivi sono sistemazioni prossime alle condizioni naturali, ampiamente in grado di mantenersi e svilupparsi autonomamente; lo spessore del substrato è pari a 2-10 cm e hanno una modesta spesa di manutenzione. I investimenti intensivi possono essere semplificati, con spessore del substrato compreso tra 10 e 20 cm e spese di manutenzione medie con la necessità di periodica irrigazione, oppure intensivi con substrato maggiore di 20 cm e spese di manutenzione alte anche in relazione alla presenza di piante erbacee alte, arbusti ed in qualche caso anche alberi. In entrambe le tipologie, il substrato di coltivazione deve presentare elevata permeabilità e basso peso specifico.

Nel caso di coperture di parcheggi interrati sono necessari almeno 2,00 m di terra di coltivo per la piantumazione di alberi e almeno 50 cm per gli arbusti.

Le diverse tecnologie attualmente impiegate per la realizzazione dei tetti verdi e, in generale, del verde pensile, devono riprodurre una stratificazione composta da diversi elementi:

- a) elemento di supporto strutturale (soletta, copertura);
- b) elemento di tenuta (impermeabilizzazione) che rappresentano la superficie di posa per il verde pensile;
- c) elemento di protezione all'azione delle radici;
- d) elemento di protezione meccanica;
- e) elemento di accumulo idrico;
- f) elemento drenante;
- g) elemento filtrante;
- h) strato colturale;
- i) strato di vegetazione.

È buona norma prevedere sempre degli elementi di protezione dei canali di gronda al fine di impedire l'intasamento dovuto dalla presenza della vegetazione.

6.9.3 Manutenzione

La manutenzione ordinaria prevede il taglio delle specie vegetali, la pulizia e smaltimento di foglie secche, rimozione delle specie infestanti, concimazione ed irrigazione del substrato, l'integrazione della pacciamatura, sostituzione delle piante morte la manutenzione dell'impianto di irrigazione e la pulizia dei canali di scolo.

È necessario, per una facile gestione e contenimento dei costi manutentivi che il verde pensile sia direttamente accessibile dall'edificio senza dover richiedere l'utilizzo di autoscale.

6.10 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DEI SUDS

DISPOSITIVO		Cisterne	Pozzi d'infiltrazione	Trincee filtranti	Sistemi geocellulari	Bacini di infiltrazione	Superfici permeabili	Verde Pensile estensivo	Verde Pensile intensivo	Vasche di detenzione Big pipe
Controllo dei deflussi	Infiltrazione		●	●	●	●	●			
	Laminazione/Detenzione	●			●	●		●	●	●
	Riutilizzo	●								
Capacità depurativa	Riduzione dei corpi sospesi	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Riduzione nutrienti			●		●	●	●	●	
	Riduzione metalli pesanti			●		●	●	●	●	
Servizi ecosistemici	Valore estetico	●				●	●	●	●	
	Valore ecologico					●		●	●	
	Riduzione isole di calore					●	●	●	●	
Costi	Costi di realizzazione	€	€€	€€	€€€	€	€€	€€	€€€	€€€
	Frequenza di manutenzione (S/F) Costi di manutenzione	S/€	S/€	F/€€	S/€	S/€	S/€€	S/€	F/€€€	S/€

Tabella 6-2: Caratteristiche dei SuDS in relazione alle loro caratteristiche.
(Legenda Frequenza Manutenzione - F: Frequente; S: Scarsa. Legenda Costi - €: Economico; €€: Medio; €€€: Costoso)

7 CRITERI DI SCELTA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE

I criteri di scelta per la migliore combinazione dei vari SuDS atti all'infiltrazione, all'invaso e/o all'allontanamento delle acque meteoriche, si basano su un'accurata analisi del territorio nel quale il sistema di drenaggio va ad inserirsi.

Lo smaltimento e drenaggio delle acque meteoriche dovrà avvenire all'interno di ciascuna area di pertinenza: privata, stradale e verde pubblico al fine di evitare vincoli di trasformazione e servitù nelle aree a verde pubblico.

Oltre alle caratteristiche tecniche legate alla funzione idraulica, alla capacità depurativa e alla valenza ecologica, descritti nei precedenti capitoli, la scelta del tipo di sistema di drenaggio da adottare deve essere effettuata anche sulla base dei seguenti aspetti strettamente connessi al territorio in cui il sistema di drenaggio andrà ad inserirsi:

- contesto urbanistico (parco, piazza, strada, etc.)
- contesto idrogeomorfologico:
 - aspetti idrogeologici: in particolare la permeabilità del suolo superficiale e profondo valutando la velocità di infiltrazione dell'acqua e la profondità della soggiacenza della falda;
 - la vicinanza ad un corpo idrico recettore, quali fiumi o reticolo idrico minore;
 - la morfologia del territorio in cui il sistema va ad inserirsi;
 - la vicinanza alle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile;
 - l'ubicazione in area soggetta ad allagamento;
 - la presenza di infrastrutture nel sottosuolo (metropolitane, passante ferroviario e locali interrati, quali parcheggi, cantine, etc.);
 - contesto paesaggistico ed ecologico;
 - presenza di alberature;
- costi di realizzazione e di manutenzione.

Al fine di supportare i progettisti nella scelta della migliore tecnologia da adottare in relazione al contesto urbano e paesaggistico in cui il sistema di drenaggio andrà ad inserirsi, è stato predisposto un apposito [Mapping Tool](#)⁶ contenente gli strati informativi del PGT 2030, in particolare quelli relativi alla Componente Geologica Idrogeologica Sismica, oltre ad altre informazioni non presenti nelle tavole del PGT, che potrebbero essere utili in fase di progettazione, quali il livello di falda di riferimento, la temperatura superficiale media diurna calcolata nei mesi estivi (giugno - agosto), le piste ciclabili e le aree ZTL pedonali ad ora presenti sul territorio comunale.

Poiché è possibile che le presenti Linee Guida non esauriscano tutte le casistiche di interventi per i quali è necessaria l'applicazione del R.R. 7/2017, è previsto un monitoraggio dell'applicazione del presente documento con lo scopo di apportare eventuali correzioni o aggiornamenti.

⁶ <https://geoportale.comune.milano.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=28bf5f0de6814af292b5b9ecef0f110a>

7.1 CONTESTO URBANISTICO

Obiettivo strategico per il rispetto del principio di invarianza idrologico ed idraulico risulta essere la depavimentazione finalizzata a ripristinare la 'funzione spugna' esercitata dai suoli permeabili delle aree verdi. La strategia prevede che accanto alla depavimentazione, si proceda con la realizzazione di ulteriori misure – come giardini della pioggia, fossati e bacini, o addirittura, piazze inondabili, ecc.– capaci di garantire un ciclo delle acque meteoriche urbane il più possibile sostenibile e circolare.

In fase di pianificazione e progettazione si dovrà innanzitutto limitare il più possibile il consumo di suolo e la conseguente impermeabilizzazione prevedendo soluzioni che tutelino i suoli migliori dal punto di vista ecologico, ancora disponibili per la piantumazione. Non si tratta semplicemente di mantenere un coefficiente di deflusso medio ponderale basso nelle nuove urbanizzazioni, ma di tutelare le perdite di habitat o ecosistemi. Limitare l'impermeabilizzazione del suolo è sempre prioritario rispetto alle misure di mitigazione o compensazione, dato che si tratta di un processo praticamente irreversibile.

Per le aree pavimentate andranno previste soluzioni tecniche, utilizzando materiali e tecnologie tali da massimizzare l'infiltrazione delle acque pluviali.

A seconda se il sistema di drenaggio sarà a servizio di una strada per il traffico veicolare oppure un'area pedonale sarà opportuno scegliere sistemi di drenaggio differenti, in relazione alla qualità delle acque di runoff.

7.1.1 Strade e parcheggi

Nell'ambito degli interventi previsti nel R.R. 7 /2017 relativi alle infrastrutture stradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, qualora siano previsti sistemi di drenaggio delle acque meteoriche che prevedano l'infiltrazione è imprescindibile la tutela ambientale dei terreni e delle acque di falda. Ovunque è previsto traffico veicolare sarà necessaria la separazione delle acque di prima pioggia, considerate quelle con la maggior concentrazione di sostanze inquinanti. Per tale motivo dovranno essere recapitate nella rete fognaria oppure opportunamente trattate prima dell'infiltrazione. Con il termine "acque di prima pioggia" si intende la quantità di acqua piovana precipitata nei primi 15 minuti dell'evento meteorico di progetto, assunta pari a 5 mm per tutta la superficie interessata. In sostanza viene prevista la separazione, l'intercettazione ed il trattamento di una parte rilevante delle acque meteoriche provenienti dal dilavamento di superfici pavimentate a rischio di inquinamento. Questo volume d'acqua è considerato quello con il più alto carico inquinante e quindi necessita di essere separato dalle acque di seconda pioggia.

I sistemi di infiltrazione delle acque meteoriche di seconda pioggia non dovranno in generale, essere posizionati al di sotto delle strutture viarie, per non compromettere la capacità portante del terreno. Tali sistemi, infatti, portano alla lisciviazione dei terreni che a lungo andare perdono la componente più fine della matrice del terreno creando problemi di assestamento. Dovranno dunque essere individuate delle aree idonee all'infiltrazione ubicate in prossimità della strada o del parcheggio evitando il consumo di aree verdi piantumabili. Le acque infiltrate non dovranno comunque in nessun caso compromettere la qualità delle acque di falda e dei terreni.

Solo in casi di assenza di spazi idonei per l'infiltrazione, sarà possibile posizionare al disotto del manto stradale dei sistemi di laminazione (non disperdenti) quali vasche di laminazione o maxi pipe. Essi dovranno essere costituiti da sistemi impermeabili tali da garantire la capacità portante dell'infrastruttura viaria. Tali sistemi dovranno essere posizioni ad una profondità di almeno 60 cm tale da garantire la capacità portante del pacchetto stradale.

In sintesi, nell'ambito degli interventi previsti nel R.R. 7/2017, il drenaggio delle strade e delle aree destinate a parcheggio prevede le successive soluzioni:

- a. pavimentazione tradizionale impermeabile con rete di drenaggio e raccolta delle acque meteoriche in vasche o maxi pipe posizione al di sotto del manto stradale, qualora non ci siano spazi idonei all'infiltrazione, ed invio alla rete fognaria mista con i limiti allo scarico in fognatura imposti dal R.R. 7/2017;
- b. pavimentazione tradizionale impermeabile con sistema di intercettazione e separazione delle acque di prima pioggia e loro invio alla rete fognaria. Le acque di seconda pioggia possono essere infiltrate nel sottosuolo inviandole a fossi drenanti ubicati in aree verdi prossime all'area scolante (bacini di bioritenzione, trincee e pozzi drenanti, sistemi geocellulari, etc.), garantendo sempre la tutela dei terreni e delle acque di falda dall'inquinamento;
- c. pavimentazione permeabile con funzione di immagazzinamento temporaneo delle acque meteoriche. Le acque meteoriche infiltrate dovranno essere raccolte tramite apposito pozzetto e separate: le acque di prima pioggia saranno inviate alla rete fognaria oppure opportunamente trattate in loco con impianto di sedimentazione e disoleazione; le acque di seconda pioggia potranno essere disperse nel sottosuolo, non sotto la sede viaria ma in aree verdi prossime alla strada/parcheggio, garantendo sempre la protezione ambientale dei terreni e delle acque di falda e utilizzando la tecnologia (trincee/pozzi disperdenti, geocellulari, bacini di infiltrazione, etc.) che minimizzi il consumo di suolo.

La scelta del materiale di pavimentazione dovrà essere indirizzata verso soluzioni maggiormente rispettose dell'ambiente prediligendo materiali riciclabili e riciclati quali asfalti e calcestruzzi drenanti preferendo, ove necessario, materiali con caratteristiche fonoassorbenti.

I sistemi di infiltrazione delle acque meteoriche che interessano le aree verdi pubbliche dovranno essere preventivamente concordati con le Aree competenti dell'Amministrazione in relazione al tipo e dimensione dell'intervento urbanistico, al fine di assicurare la creazione di spazi verdi fruibili, alberati e in relazione ai costi e modalità di gestione.

Nelle soluzioni che prevedono l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche non contaminate, dovrà, in ogni caso, essere possibile il campionamento per l'analisi della qualità delle acque nonché la possibilità di ispezione del sistema per la gestione e manutenzione.

In caso di realizzazione di parcheggi sotterranei, siano essi privati o pubblici, classificati ai sensi del d.p.r. 380/2001, cui rimanda il R.R. 7/2017 e s.m.i., come nuova costruzione⁷, deve dunque essere applicato il regolamento ricadendo nella fattispecie di cui all'art. 3, comma 2, lettera b) del R.R. 7/2017 e s.m.i.. La preesistenza di una superficie impermeabile (strada sopra il nuovo parcheggio interrato) non ha rilevanza ai fini dell'applicazione o meno del regolamento, in quanto la singola trasformazione (realizzazione del parcheggio interrato) va riferita ad un suolo naturale, come indicato all'art. 3, comma 4, del R.R. 7/2017 e s.m.i..

Per quanto concerne la realizzazione delle nuove rotatorie, esse dovranno contribuire il meno possibile alla formazione dei deflussi idrologici. Le nuove rotatorie di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo "E – strada urbana di quartiere", "F – strada locale" e "F-bis – itinerario

⁷ art. 3, comma 1, lettera e), numero e.1) del d.p.r. 380/2001 - costruzione di manufatti edilizi interrati.

ciclopedonale”, così come definito dal R.R. 7/2017, dovranno rispettare il principio di invarianza idraulica. Si consiglia pertanto di utilizzare più possibile soluzioni drenanti e depavimentate.

In allegato alle presenti Linee Guida sono mostrati i tipologici delle soluzioni individuate.

7.1.2 Linee metropolitane

Per quanto riguarda le linee metropolitane:

- le linee in galleria sono equiparate a linee ferroviarie, pertanto risultano escluse dall’applicazione del R.R. 7/2017;
- la realizzazione delle stazioni metropolitane è considerata, dal punto di vista delle trasformazioni edilizie, una “nuova costruzione” ai sensi del d.p.r. 380/2001 e quindi applica il R.R. 7/2017 rientrando nel caso di cui all’art. 3, comma 2. Per tali trasformazioni è prevista la possibilità di monetizzazione di cui all’art. 16.

7.1.3 Strutture interrato

In sintesi per tutte le strutture interrato definite come “nuove costruzioni” all’Art. 3, comma 1, lettera e) del d.p.r. 380/2001, deve essere applicato il R.R. 7/2017 e s.m.i. considerando come superficie dell’area l’impronta della struttura interrato stessa non della pavimentazione superficiale interessata dell’intervento se rientra tra gli interventi di cui all’art. 3, comma 2 e 3 del R.R. 7/2017 e s.m.i..

Risulta fondamentale già nelle prime fasi della progettazione delle strutture interrato considerare i sistemi di drenaggio delle acque meteoriche necessari al rispetto del principio dell’invarianza idraulica in quanto tali opere andranno presumibilmente posizionate sopra l’estradosso della struttura.

Tale pacchetto dovrà prevedere come minimo:

- 20 cm tra l’estradosso della struttura interrato e il piano di posa delle infrastrutture di drenaggio (maxi pipe, camerette, vasca volano, etc.) per una loro eventuale sostituzione;
- 60 cm tra l’estradosso dell’infrastruttura di drenaggio (maxi pipe/vasca volano/camerette) e il piano campagna in maniera da garantire il pacchetto stradale adeguato anche in caso di carichi di 1 categoria.

Per la posa si alberature è necessario prevedere la presenza di almeno 2,00 m di spessore di terreno di coltivo tra l’estradosso dell’infrastruttura di drenaggio (maxi pipe/vasca volano/camerette) e il piano campagna; per arbusti se prato sono necessari almeno 50 cm.

È inoltre opportuno garantire sempre una distanza minima dallo scavo al filo del tronco non inferiore a:

- 5 metri per gli esemplari monumentali o di pregio con circonferenza maggiore di 250 cm e per i soggetti di *Platanus* con circonferenza maggiore di 120 cm;
- 3 metri per le piante non incluse nel punto precedente.

7.1.4 Aree pedonali, marciapiedi e piste ciclabili

Nelle aree pedonali quali piazze intercluse al traffico veicolare, marciapiedi e piste ciclabili è necessario prevedere pavimentazioni di tipo permeabile al fine di aumentare l’infiltrazione delle acque meteoriche e, conseguentemente, di minimizzare il deflusso superficiale verso la rete fognaria. Possono essere utilizzate pavimentazioni permeabili sia di tipo continuo che discontinuo. Le pavimentazioni permeabili continue sono realizzate in modo apparentemente simile alle pavimentazioni stradali normali, ma con asfalti o calcestruzzi permeabili oppure calcestre. Le pavimentazioni permeabili discontinue sono quelle ottenute accostando elementi prefabbricati perforati e autobloccanti. Queste ultime potranno essere adottate garantendo

comunque l'accessibilità a persone diversamente abili in linea con quanto previsto dal Piano Eliminazione Barriere Architettoniche del comune.

La scelta del materiale dovrà essere indirizzata verso soluzioni maggiormente rispettose dell'ambiente, volta all'utilizzo di tecnologie innovative utilizzando materiali riciclabili e riciclati. A tale proposito esistono in commercio asfalti modificati con il polverino di gomma - ricavato dalla lavorazione dei Pneumatici Fuori Uso (PFU) che garantiscono una maggiore durata e minori costi di manutenzione per la maggiore resistenza della superficie a buche e deformazioni permanenti. Tutte le pavimentazioni drenanti dovranno prevedere uno strato di geotessuto permeabile per evitare l'intasamento del sottostante sottofondo costituito da pietrisco/ghiaia.

Lo strato filtrante sottostante potrà eventualmente anche essere isolato con una guaina impermeabile, trasformandosi in una specie di vasca di laminazione, nel caso risulti necessario un trattamento delle acque di prima pioggia, prima del recapito al recettore o infiltrazione nel sottosuolo.

Al fine di rispettare i limiti allo scarico previsti dal R.R. 7/2017 e s.m.i., per aumentare la capacità di infiltrazione è possibile prevedere l'accoppiamento con ulteriori sistemi di infiltrazione quali pozzi o trincee di infiltrazione, preceduti da sistemi di disoleazione/sedimentazione al fine di preservare la qualità dei terreni e della falda.

Nelle aree pedonali pavimentate, marciapiedi e piste ciclabili è possibile prevedere una pendenza verso le aree verdi circostanti per consentire l'infiltrazione sia naturale che potenziata con sistemi di infiltrazione (trincee, pozzi e/o geocellulari). In alcuni casi i sistemi di infiltrazione potranno essere posizionati al di sotto delle pavimentazioni stessa, purché ciò non comporti un pericolo legato all'eventuale assestamento del terreno a seguito di fenomeni di lisciviazione dovuti all'infiltrazione. L'ubicazione dei sistemi di infiltrazione interrati dovrà tener conto dell'eventuale passaggio di mezzi di manutenzione dell'area e dei mezzi di emergenza (VVFF, ambulanze, etc.). Sebbene il peso di tali mezzi sia considerevole, la frequenza dei passaggi e la loro velocità è sicuramente ridotta rispetto al traffico in sede viaria.

7.1.5 Linee tranviarie e metrotranvie

Per quanto riguarda le metrotranvie, il R.R. 7/2017 prevede l'esclusione degli obblighi di invarianza per interventi di ammodernamento e potenziamento che riguardano le viabilità aventi le categorie indicate all'art. 3 comma 3 del R.R. 7/2017 stesso. Pertanto:

- gli interventi relativi a linee già esistenti si configurano come ammodernamento e quindi sono da escludere dall'applicazione dell'invarianza idraulica. In ogni caso, laddove possibile si deve cercare comunque di applicarla assicurando le migliori tecniche realizzative al fine di garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche;
- la realizzazione di nuove metrotranvie in affiancamento a una strada esistente è considerato potenziamento e quindi applica il R.R. 7/2017 qualora la viabilità cui si affianca sia diversa da strade classificate E, F, F bis ai sensi del codice della strada (vedasi quanto indicato all'art. 3, comma 3 del R.R. 7/2017)
- la realizzazione di nuove metrotranvie in ambiti diversi da quelli dei punti precedenti è classificata nuova viabilità e quindi applica in ogni caso il R.R. 7/2017.

7.1.6 Aree verdi

Nelle aree verdi, nell'ottica di garantire nel tempo la possibilità di trasformazione del disegno e salvaguardare il suolo libero utile alla piantumazione di specie ad alto fusto, risulta preferibile per la gestione dell'acqua

piovane del parco evitare l'utilizzo di strutture interrato di infiltrazione ma prediligere l'infiltrazione naturale che preveda la semplice modellazione del terreno e uno strato filtrante.

In casi di coesistenza tra vegetazione e sistemi di infiltrazione, si dovranno privilegiare sistemi che a parità di capacità di infiltrazione necessitano di una minor occupazione della superficie verde orizzontale quali, ad esempio, i sistemi geocellulari. La distanza minima tra gli alberi e i sistemi di drenaggio deve essere di almeno 3 metri.

Inoltre sarà necessario scegliere le specie arboree più adatte al sistema di gestione delle acque meteoriche previsto: specie compatibili con periodici allagamenti oppure adatte a terreni sabbiosi e ghiaiosi molto permeabili adottati per l'infiltrazione potenziata.

Qualora i sistemi di infiltrazione fossero contigue ad una infrastruttura viaria è opportuno che il lato ad essa contigua venga impermeabilizzato in maniera da ridurre l'infiltrazione al di sotto del manto stradale ed evitare cedimenti pericolosi sia per gli autoveicoli che per le moto, biciclette e monopattini.

Nelle aree in cui è prevista l'infiltrazione delle acque di prima pioggia, non potrà essere usato il sale in caso di ghiacciate. In alternativa potranno essere utilizzate altre sostanze naturali che non comportino alcun tipo di contaminazione e danneggiamento al verde, e che non comporti un intasamento della matrice permeabile o crei sedimentazione/ostruzione nella rete di drenaggio. Tali indicazioni dovranno essere inserite nel manuale di gestione del progetto di invarianza idraulica e dovrà essere segnalato ad AMSA.

7.1.7 Interventi edilizi privati

La realizzazione di strutture per l'invarianza idraulica è prevista anche e soprattutto in contesti privati, pertanto particolare attenzione va posta proprio ai lotti privati interessati da ristrutturazione.

Tutti gli interventi dovranno tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione delle superfici adottando tecnologie e materiali volti a massimizzare l'infiltrazione e i tempi di arrivo delle acque meteoriche alla rete di drenaggio, minimizzano i volumi in arrivo in accordo con l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica. La progettazione dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche deve necessariamente andare di pari passo alla progettazione dell'intervento, in modo da anticipare tutte le problematiche e tenere conto delle volumetrie necessarie al riutilizzo delle acque meteoriche, alla loro laminazione/infiltrazione.

Per tutti gli interventi edilizi attuati con modalità diretta non convenzionata gli spazi necessari per l'adempimento dei criteri di invarianza idraulica devono essere localizzati all'interno del lotto privato stesso in modo da avere un'autonomia di regime giuridico dei suoli, per le altre modalità di intervento è comunque preferibile che le succitate opere vengano realizzate sul lotto privato di pertinenza per le ragioni esposte. In linea generale, quindi, non sarà possibile la costruzione di sistemi di laminazione/infiltrazione relativi ad aree private su suolo pubblico. Ove ciò portasse ad una duplicazione delle opere o ad un'eccessiva complessità del progetto. L'Amministrazione comunale valuterà la fattibilità di una commistione giuridica dei suoli regolamentate attraverso opportune convenzioni stipulate ad hoc tra pubblico e privato per la gestione/manutenzione delle opere complessivamente a carico del privato.

Indirizzi di carattere generale

Gli interventi di nuova costruzione dovranno prevedere il riutilizzo delle acque meteoriche mediante l'installazione di un impianto di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura degli edifici, per ridurre gli effetti sul reticolo fognario ed idrografico. Tali acque potranno essere impiegate per usi domestici compatibili con la qualità delle acque raccolte e comunque non ad uso potabile. Potrà essere predisposta una rete di adduzione e distribuzione idrica delle stesse acque all'esterno dell'edificio per l'irrigazione del verde, la pulizia dei cortili e passaggi, il lavaggio dei piazzali. Le cisterne dovranno avere capacità di stoccaggio adeguata e proporzionale alla superficie lorda complessiva destinata

a verde pertinenziale e/o a cortile. In caso non si preveda il riutilizzo di queste acque, dovrà comunque essere predisposto un sistema di collettamento delle acque meteoriche afferenti alle coperture, che recapiterà in un sistema di stoccaggio temporaneo finalizzato alla laminazione dei picchi di portata, per garantire il principio dell'invarianza idraulica in ottemperanza al R.R. 7/2017.

Con riferimento alle reti fognarie si dovranno realizzare sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia sistemi costituiti da reti separate composte da una rete di raccolta delle acque bianche non contaminate (ABNC) e una per le acque nere e le acque bianche contaminate (ABC).

Per ogni ambito, in sede di Pianificazione e in accordo con il Gestore del SII, dovranno essere meglio definiti gli eventuali interventi necessari, che potranno essere alternativi oppure integrativi, delle infrastrutture fognarie attuali, al fine di verificare la sostenibilità dei nuovi interventi.

Con specifico riferimento agli ambiti che insistono su bacini fognari in condizione di criticità idraulica già allo stato di fatto, si dovrà prevedere lo sgravio del bacino in sofferenza; in sede di trasformazione eseguita a qualsiasi titolo dovrà essere verificata l'effettiva capacità residua della rete fognaria mista e degli impianti di servizio, quali sollevamenti o scolmatori di piena e nel caso non fosse adeguata a sopportare il nuovo carico urbanistico, l'ambito dovrà farsi carico degli adeguamenti necessari, da concordare con l'Ente gestore.

Qualora i nuovi interventi edilizi siano collocati in prossimità di tratti di rogge tombinate si dovrà perseguire il più possibile la riapertura e la rinaturalizzazione al fine di tutelare e riqualificare la risorsa idrica, aumentarne la visibilità nell'ambito urbano e la sensibilizzazione degli abitanti.

Interventi edilizi attuati all'interno del TUC in modalità diretta non convenzionata

Si suggerisce che in via prioritaria vengano adottati i seguenti accorgimenti tecnici:

- qualora non sia possibile la depavimentazione, l'utilizzo di superfici drenanti per la realizzazione delle superfici pavimentate;
- realizzazione di tetti verdi e superfici verdi verticali;
- realizzazione di cisterne per il recupero e il riutilizzo delle acque meteoriche in copertura o nelle superfici destinate a cortile o parti comuni dell'edificio.

GFU – Grandi Funzioni Urbane:

Negli ambiti individuati dal vigente PGT quali Grandi Funzioni Urbane si suggerisce che in pendenza della Convenzione Quadro prevista per gli stessi, vengano date delle prime indicazioni circa il reperimento delle superfici permeabili e che le stesse vengano realizzate per la maggior parte attraverso la realizzazione di superfici verdi permeabili a terra, non posizionate su soletta (verde profondo).

Piani Attutivi:

L'approvazione dei Piani di Attuazione è subordinata all'ottenimento del parere favorevole espresso dai competenti uffici dell'Amministrazione Comunale e dal Gestore SII (titolato alla pianificazione strategica e funzionale delle infrastrutture fognarie) sul recapito o sui recapiti delle reti fognarie da realizzare nei singoli ambiti attuativi. Nel caso si rendesse necessaria l'esecuzione di nuove infrastrutture fognarie o di adeguamenti delle stesse, nonché degli impianti a servizio, quali sollevamenti o scolmatori di piena, tali pareri individueranno le modalità tecniche, i tempi di realizzazione nonché gli oneri eventualmente da porre a carico degli ambiti oggetto di trasformazione urbana, laddove le opere a rete da realizzare siano considerate ad uso esclusivo dei soggetti attuatori. La progettazione delle nuove reti fognarie bianche dovrà, di norma, essere effettuata prevedendo verifiche con tempi di ritorno ventennali e fino ai 50 anni; le soluzioni strutturali previste dovranno inoltre essere tali da poter supportare eventuali ulteriori incrementi di carico idraulico.

Con specifico riferimento agli ambiti che insistono su bacini fognari in condizione di criticità idraulica già nello stato di fatto, si dovrà prevedere lo sgravio del bacino in sofferenza, anche oltre i limiti imposti dal

regolamento sull'invarianza idraulica; in sede di trasformazione eseguita a qualsiasi titolo dovrà inoltre essere verificata l'effettiva capacità residua della rete fognaria mista e degli impianti di servizio, quali sollevamenti o scolmatori di piena e nel caso non fosse adeguata a sopportare il nuovo carico urbanistico, l'ambito dovrà farsi carico degli adeguamenti necessari, da concordare con l'Ente gestore riducendo al minimo ogni ulteriore contributo.

La proposta di adozione di sistemi di infiltrazione delle acque meteoriche tramite drenaggio locale in aree a verde pubblico è subordinata all'ottenimento del parere favorevole espresso dai competenti uffici dell'Amministrazione Comunale e dal gestore di tali impianti.

Si precisa che l'Indice di Permeabilità, così come definito nelle Norme di Attuazione del PGT, ovvero come il rapporto tra la Superficie Permeabile e la Superficie Territoriale (Indice di Permeabilità Territoriale IPT) o Fondiaria (Indice di Permeabilità Fondiaria IPF) deve essere calcolato su una Superficie Permeabile realizzata a verde non munita di sistema di drenaggio e priva di pavimentazione o di altri manufatti permanenti, entro o fuori terra, che impediscano alle acque meteoriche di raggiungere naturalmente la falda acquifera.

Si suggeriscono altresì, oltre agli accorgimenti di carattere generale sopra descritti, le seguenti indicazioni:

- nel caso di progettazione di opere finalizzate al rispetto del principio di invarianza in un contesto di commistione tra aree private, pubbliche o ad uso pubblico, si dovrà cercare di non duplicare le stesse, nel rispetto del principio di economicità degli interventi e di riduzione del consumo di suolo;
- nel caso in cui le opere succitate siano a carico dell'operatore, la manutenzione delle stesse sarà in carico perpetuo al privato;
- utilizzo di materiali innovativi e certificati per l'assolvimento del principio di invarianza idraulica.
- nel caso sia necessaria la realizzazione di nuove strade residenziali, il piano di calpestio dovrà essere realizzato in modo da facilitare il deflusso delle acque meteoriche e la raccolta e separazione delle acque di prima pioggia da quelle di seconda pioggia. Le prime dovranno essere inviate alla depurazione, mentre le seconde dovranno essere adeguatamente trattate e ove possibile smaltite tramite infiltrazione locale, promuovendo soluzioni, tecnologie e materiali sostenibili (es: trincee drenanti vegetati, pozzi perdenti o sistemi geocellulari).

7.2 CONTESTO IDROGEOMORFOLOGICO

Sulla base delle indagini conoscitive condotte sulle caratteristiche idrogeologiche nel territorio comunale e, nello specifico, sulle captazioni in atto dalle falde per uso acquedottistico, per la descrizione delle quali si rimanda agli elaborati specifici, vengono identificate e sintetizzate tutte quelle aree del territorio comunale entro cui le misure di invarianza idrologica, che prevedono il ricorso a strutture di infiltrazione delle acque meteoriche nel primo sottosuolo, devono essere escluse oppure essere adeguatamente regolamentate.

Il Regolamento Regionale n.7/2017 incentiva infatti il ricorso all'infiltrazione delle acque meteoriche come prima tipologia di intervento allo scopo di tendere alla completa restituzione delle stesse ai processi naturali preesistenti all'intervento di impermeabilizzazione del suolo; ciò evidentemente nel caso in cui le acque meteoriche non provengano da superfici suscettibili di inquinamento.

La progettazione di queste tipologie di strutture di infiltrazione (aree verdi di infiltrazione, trincee drenanti, pozzi drenanti, pavimentazioni permeabili, ecc.) non può tuttavia prescindere da una attenta analisi del contesto sito-specifico che potrebbe invece far escludere o a valutare con particolare dettaglio la fattibilità di tale tipologia progettuale, alla luce di possibili problematiche di tipo geologico, idrogeologico, idraulico o di vincoli territoriali già individuati o noti sul territorio comunale.

7.2.1 Aspetti idrogeologici

L'analisi degli aspetti geologici e delle falde acquifere sotterranee sono finalizzati a valutare in quale misura le acque pluviali possano essere percolate sul posto e, in via subordinata, in quale misura siano necessari sistemi integrativi d'invaso e allontanamento. Gli aspetti principali da tenere in conto per una corretta scelta e progettazione dei sistemi di drenaggio sono riportati nel [Mapping Tool](#) dedicato del Geoportale del Comune di Milano.

7.2.1.1 Tipologia di suolo

La conoscenza della tipologia del suolo, con diverse percentuali di sabbia, limo e argilla, consente di risalire, a grandi linee, alla permeabilità, che è un parametro indispensabile per la percolazione. Per queste indagini, si fa riferimento alle carte pedologiche disponibili, integrate da rilievi di campagna, eseguendo prelievi fino alla profondità di circa 2 m dal punto più profondo dell'opera di infiltrazione.

7.2.1.2 Permeabilità

I coefficienti di permeabilità della letteratura, correlati alla diversa granulometria del suolo, forniscono valori in condizioni di saturazione. Nei calcoli di dimensionamento occorre considerare il valore più cautelativo di permeabilità, in generale il valore di permeabilità del terreno saturo, e determinare la velocità di infiltrazione. Si deve inoltre tener conto della compattazione del suolo, che può ridurre la permeabilità reale rispetto a quella teorica. A tal fine, è indispensabile un sopralluogo sul posto, sia pure per una valutazione empirica.

Il dimensionamento delle strutture di infiltrazione deve discendere da un progetto idraulico dettagliato e specifico basato sui parametri geologici ed idrogeologici effettivi del sito di interesse che, in funzione dell'importanza dell'intervento, possono essere calcolati e ricavati da adeguate indagini idrogeologiche sito specifiche e prove di dettaglio, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F del R.R. 7/2017.

In particolare qualora si intenda avvalersi della riduzione del 30% del requisito minimo del volume di laminazione, indicata nell'art. 11, comma 2, lett. e), numero 3, i parametri geologici ed idrogeologici da assumere nel calcolo devono derivare da un piano di prove di permeabilità in sito programmate sulla conoscenza dell'assetto geologico ed idrogeologico (natura e stratigrafia del sottosuolo, possibili problematiche di instabilità o sprofondamento, profondità della falda, presenza di livelli impermeabili e/o molto permeabili). Il piano delle indagini in è da progettare anche in base alla tipologia di intervento (infiltrazione superficiale o profonda, areale vasto interessato o elemento puntuale, ecc.) in quanto la forte variabilità (ordini di grandezza) dei parametri geologici e idrogeologici influenzano in maniera fondamentale la progettazione delle opere di infiltrazione.

Le prove in sito (con pozzetti superficiali, infiltrometro a disco o ad anello, nei fori di sondaggio (Lefranc), piezocono (CPTU), dilatometro (DTM), prove di pompaggio) sono ampiamente utilizzate nella pratica idrogeologica e normate da specifiche procedure tecniche.

È necessario tener conto che della progressiva riduzione della capacità di infiltrazione causata dall'occlusione indotta dalle sostanze solide trasportate dalle acque pluviali e dallo sviluppo di biomasse adese alle particelle del terreno. La riduzione della capacità di infiltrazione può infatti giungere a limitare o vanificare rapidamente gli effetti favorevoli riscontrati nelle prime fasi di vita delle strutture di infiltrazione. Inoltre il ripristino della primitiva capacità di infiltrazione può risultare molto difficile.

7.2.1.3 Contaminazione dei suoli

Per la tutela delle acque sotterranee, si deve evitare di percolare le acque pluviali in luoghi contaminati. Infatti l'inquinamento del sottosuolo o di un acquifero sotterraneo può costituire un danno ambientale definitivo o che comunque si ripercuote per molti decenni in futuro, data la grande durata richiesta dai

fenomeni idrogeologici di ricambio. Se quindi il territorio oggetto di possibile infiltrazione è caratterizzato da attività in grado di produrre rilasci sulle superfici pavimentate di sostanze tossiche bioaccumulanti, l'infiltrazione non dovrebbe essere adottata, a meno di installare anche sistemi fisici o biochimici di depurazione a monte dell'ingresso nelle strutture di infiltrazione. Ma ciò ovviamente moltiplica i costi di infrastrutturazione e gestione.

È quindi necessario conoscere le precedenti forme d'uso del suolo, in particolare per le superfici vicine a luoghi di produzione e stoccaggio industriale e la presenza di procedure di bonifica in atto. A tale scopo può risultare utile la consultazione della Carta del Consumo di Suolo R10 del Piano delle Regole del PGT2030 nel [Mapping Tool](#) dedicato nel Geoportale del Comune di Milano. In caso di dubbio, è necessaria una perizia sul pericolo di mobilitare le sostanze nocive, eseguendo analisi dei suoli e rilevazioni di eventuali riporti.

I sistemi di infiltrazione locale e drenaggio dovranno avere caratteristiche tali da garantire la tutela delle acque sotterranee e la qualità dei suoli.

7.2.1.4 Soggiacenza della falda

In fase di progettazione delle opere di infiltrazione è necessario tener conto che, oltre alla natura del suolo, anche della presenza di una falda o di strati impermeabili a debole profondità possono limitare anche notevolmente, o addirittura azzerare nel tempo, la capacità limite di infiltrazione.

La parte centro-settentrionale del territorio comunale presenta una soggiacenza (profondità dal piano campagna) della falda elevata. Nella zona meridionale e nelle aree periferiche la soggiacenza diminuisce fino a pochi metri dal piano campagna, pertanto occorre in tale aree prestare particolare attenzione a questo aspetto.

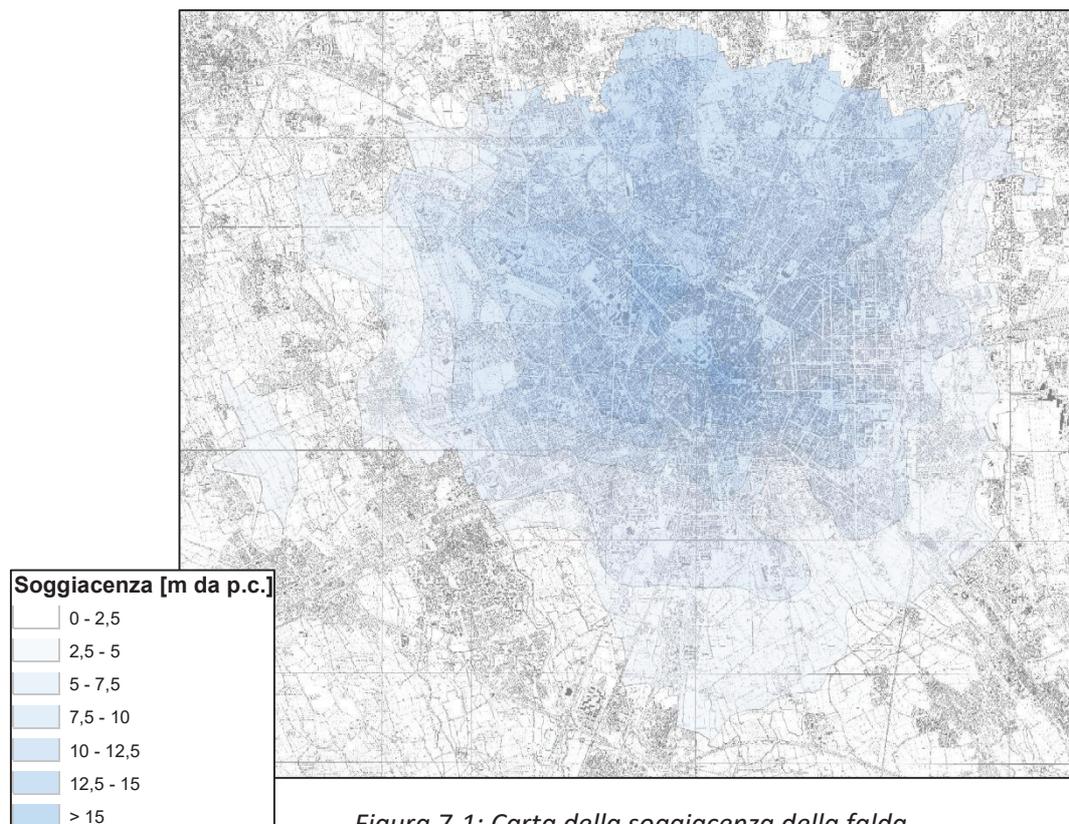


Figura 7-1: Carta della soggiacenza della falda

I sistemi di infiltrazione del sottosuolo devono essere ubicati in aree in cui:

- la capacità d'infiltrazione dei primi metri di terreno sia superiore all'intensità di pioggia;
- siano presenti almeno 3 metri dal livello di falda, in quanto per D.lgs. 152/2006 le acque meteoriche non possono in alcun modo essere infiltrate direttamente in falda ma devono necessariamente attraversare uno stato di terreno insaturo al fine di rimuovere eventuali sostanze contaminanti.

Per il dimensionamento di drenaggi di strade, parcheggi e aree pavimentate in genere, si dovrà fare riferimento alla piezometria, che riporta l'inviluppo dei massimi livelli registrati dal 2000 al 2020, disponibile nel [Mapping Tool](#) dedicato nel Geoportale del Comune di Milano. Lo studio idrogeologico dovrà comunque riportare, come descritto al Par. 4.3 l'analisi dell'andamento locale della falda freatica con determinazione della minima soggiacenza e massima escursione per un periodo almeno ventennale nonché i più recenti livelli piezometrici disponibili (non più vecchi di 2 anni).

Per quanto riguarda le scelte progettuali relative ai drenaggi per opere strategiche e con rischi importanti in caso di allagamento quali viabilità in trincea, metropolitane, ferrovie in trincea, le aree depresse di importanti insediamenti si dovrà fare riferimento alla piezometria ricostruita sull'inviluppo dei massimi livelli piezometrici registrati dal 1950 al 2020.

Con un livello di soggiacenza della falda inferiore a 3 metri è meglio ricorrere a sistemi di drenaggio e laminazione che non prevedano l'infiltrazione.

7.2.2 Vicinanza ad un corpo idrico recettore

In fase di progettazione occorre tenere in conto della vicinanza ai diversi corpi idrici recettori. Dovrà essere verificata la presenza sia di corpi idrici quali corsi d'acqua, stagni, rogge, canali d'irrigazione o industriali esistenti, sia di eventuali scaricatori di piena o di ex alvei storici dismessi, ma catastalmente ancora definiti come aree demaniali (Tavola R09 e G16 del PGT disponibile nel [Mapping Tool](#)). Nella Tavola G13 del PGT è riportata la rete di drenaggio delle acque meteoriche esistente con la suddivisione in rete bianca o mista, nonché i sifoni e gli scolmatori di piena.

Infatti, qualora le acque pluviali provenienti dalle coperture non possano essere infiltrate totalmente e quindi sia necessario il loro parziale allontanamento, si potrà valutare lo scarico, nel rispetto dei limiti previsti dalla normativa, nel corpo idrico recettore verificando che l'apporto di acque meteoriche aggiuntive non provochi un aumento del rischio idraulico a valle. L'autorizzazione dovrà essere sottoposta a verifica da parte dell'autorità idraulica competente (Regione, Consorzi di bonifica, Comune o soggetto privato).

Anche i corpi idrici stagnanti (laghi, stagni, zone umide) possono essere adatti come recapito delle acque pluviali, previa a verifica della sensibilità idrologica ed ecologica. Per evitare di compromettere l'equilibrio idrologico con eccessive escursioni di livello, è necessario che le acque introdotte siano rapidamente smaltite dall'emissario e/o dalla falda. In caso contrario, l'immissione deve essere strozzata con un vaso a monte. Per evitare di compromettere l'equilibrio ecologico, occorre ridurre il carico inquinante immesso, mediante il passaggio delle acque pluviali attraverso uno strato di suolo vegetale. Si raccomandano quindi sistemi associati percolazione/vaso/allontanamento, i quali assicurano sia l'effetto di ritenuta, rallentando il deflusso, sia l'effetto di depurazione attraverso il suolo vegetale. È anche possibile introdurre la fitodepurazione.

7.2.3 Morfologia del territorio

La morfologia dell'area influenza la concezione del sistema adottato per la gestione delle acque pluviali, soprattutto per motivi costruttivi, pertanto risulta fondamentale sfruttare la naturale morfologia del terreno (pendenze e depressioni naturali del terreno).

Si consiglia di prevedere avvallamenti filtranti nelle aree in cui sono presenti già naturali avvallamenti di terreni.

7.2.4 Vicinanza alle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile

Come previsto dall'art. 94 del D.lgs. 152/06 nelle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile è vietata la dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche proveniente da piazzali e strade, oltre che la costruzione di pozzi perdenti e la dispersione di reflui anche se depurati. Le aree di rispetto sono riportate nella Tavola R05 – Vincoli amministrativi difesa suolo del Piano delle Regole del PGT reperibile nel [Mapping Tool](#) dedicato nel Geoportale del Comune di Milano.

7.2.5 Ubicazione in area soggette ad allagamento

Nelle aree soggette ad allagamento, quali quelle del T. Seveso e del F. Lambro, individuate Tavola G13 del PGT del Comune di Milano e riportate nel [Mapping Tool](#), che riporta gli ambiti prioritari per la realizzazione di interventi per la riduzione del rischio idraulico (art. 10, comma 5c del Piano dei Servizi del Piano di Governo del Territorio), dovranno essere previste misure atte a diminuire il rischio idraulico attraverso sistemi di stoccaggio dell'acqua e soluzioni NBS (*Nature Based Solutions - NBS*), distribuite in modo capillare per contrastare l'alto livello di impermeabilizzazione della città. Particolarmente indicati in questi ambiti sono gli interventi diffusi di de-impermeabilizzazione e ri-forestazione, sistemi di infiltrazione e aree di detenzione quali parchi allagabili e/o piazze della pioggia anche combinati tra loro.

7.2.6 Presenza di infrastrutture

Nella scelta del sistema di drenaggio dovranno essere fatta una ricognizione delle strutture interrato, quali linee metropolitane, passante ferroviario, locali interrati etc. situate nelle vicinanze al fine di non aggravare l'eventuale interazione dell'innalzamento della falda con le strutture stessa. A questo proposito, si ricorda, a titolo d'esempio, che l'allegato L del R.R. 7/2017 e s.m.i. pone la distanza minima dei pozzi di infiltrazione ad almeno 3 m dalle fondamenta degli edifici.

7.2.7 Contesto paesaggistico e naturale.

Nell'ambito dei piani urbanistici, a patto che sia pensata in modo integrato per tutta la superficie di intervento, la gestione delle acque meteoriche è suscettibile di sviluppare sinergie con le misure di protezione della natura e del paesaggio, contribuendo a contrastare l'impoverimento biologico ed estetico del territorio e dell'area urbana. Poiché i SuDS svolgono una serie di funzioni ecologiche di base, riproducendo il ciclo naturale delle acque, convogliando i deflussi verso la falda invece che nella fognatura migliorando la qualità delle acque, aumentando la biodiversità urbana e raffrescando la città. Essendo molto versatili, i SuDS possono essere facilmente inclusi in diverse tipologie di interventi di riqualificazione urbana consentendone, così, la realizzazione in modo diffuso sul territorio e, quindi, rendendone più efficaci i benefici ecologici necessari per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

In particolare, si possono attribuire ai sistemi SuDS le seguenti funzioni principali:

- Funzione ecologico-ambientale: alcuni sistemi SuDS in ambito urbano possono costituire un fondamentale elemento di presenza ecologica ed ambientale, che contribuisce in modo sostanziale a mitigare gli effetti di degrado e gli impatti prodotti dalla presenza delle edificazioni e dalle attività dell'uomo. Fra l'altro la presenza di strutture verdi contribuisce a regolare gli effetti del microclima cittadino attraverso l'aumento dell'evapotraspirazione, regimando così i picchi termici estivi con una sorta di effetto di "condizionamento" naturale dell'aria.
- Funzione di protezione del territorio: i sistemi SuDS possono fornire un importante effetto di protezione e di tutela del territorio in aree degradate o sensibili (argini di fiumi, scarpate, zone con

pericolo di frana, ecc), e viceversa la sua rimozione può in certi casi produrre effetti sensibili di degrado e dissesto.

- Funzione sociale e ricreativa: la presenza di parchi, giardini, viali e piazze alberate o comunque dotate di arredo verde consente di soddisfare un'importante esigenza ricreativa e sociale e di fornire un fondamentale servizio alla collettività, rendendo più vivibile e a dimensione degli uomini e delle famiglie una città. Inoltre la gestione del verde può consentire la formazione di professionalità specifiche e favorire la formazione di posti di lavoro.
- Funzione igienica: le aree verdi svolgono una importante funzione psicologica ed umorale per le persone che ne fruiscono, contribuendo al benessere psicologico.
- Funzione culturale e didattica: la presenza del verde costituisce un elemento di grande importanza dal punto di vista culturale, sia perché può favorire la conoscenza della botanica e più in generale delle scienze naturali e dell'ambiente presso i cittadini, sia anche per l'importante funzione didattica (in particolare del verde scolastico) per le nuove generazioni. Inoltre i parchi e i giardini storici, così come gli esemplari vegetali di maggiore età o dimensione, costituiscono dei veri e propri monumenti naturali, la cui conservazione e tutela rientrano fra gli obiettivi culturali del nostro consesso sociale.
- Funzione estetico-architettonica: anche la funzione estetico-architettonica è rilevante, considerato che la presenza del verde migliora decisamente il paesaggio urbano e rende più gradevole la permanenza in città, per cui diventa fondamentale favorire un'integrazione fra elementi architettonici e verde nell'ambito della progettazione dell'arredo urbano.

7.3 COSTI E MANUTENZIONE

La futura manutenzione e gestione dei sistemi SuDS in un sito può influenzare la scelta delle tipologie di dispositivi. Le attività di manutenzione a breve e a lungo termine dei sistemi di accumulo e filtrazione devono essere programmate già nei primi passi nel processo di progettazione, senza contare che una delle componenti essenziali di progetto di invarianza idraulica, così come previsto dal R.R. 7/2017 e s.m.i. è proprio il manuale di manutenzione.

In fase di scelta del tipo di sistema di drenaggio da adottare dovrà essere tenuto in conto la frequenza di manutenzione periodica e straordinaria con i relativi costi; inoltre dovrà essere chiaramente individuato il gestore di tali sistemi. Nel caso di strutture in carico all'Amministrazione Comunale tali sistemi saranno gestiti dal Servizio Idrico Integrato.

I sistemi SuDS che prevedono la realizzazione di aree a verde pubblico (zono umide, bacini di infiltrazione, canali, etc.) realizzate a scomputo degli oneri in relazione al loro aspetto innovativo, si renderà necessario che l'operatore privato si faccia carico della gestione manutentiva degli stessi per un congruo periodo di tempo definito nell'ambito della convenzione urbanistica (dieci anni).

Al fine di garantire un'adeguata manutenzione dei sistemi degli spazi pubblici, a parità di efficienza, è opportuno privilegiare sistemi con un maggiore investimento iniziale ed un minore onere manutentivo, sia in termini di difficoltà di gestione che di costi.

In particolare alcune attività da tenere presente per preservare il buono stato dei sistemi SuDS secondo le caratteristiche della loro natura possono essere:

- pulizia delle aree secondo necessità
- tosatura delle superfici prative: consiste nel taglio accurato dell'erba eseguito con mezzi meccanici e rifinito con decespugliatore con cadenza mensile;
- innaffiatura secondo necessità;

- rimozione fogliame secondo necessità;
 - concimazione arbusti (alla ripresa vegetativa primaverile) generalmente con cadenza annuale;
 - concimazione prati (con concime complesso standard a lenta cessione standard in base alle condizioni vegetative del prato mediamente 4 volte l'anno);
 - monitoraggio condizioni fitosanitarie dei vegetali esistenti, al fine di garantire un rapido intervento che eviti danni irreparabili alla vegetazione;
 - potatura delle specie arboree e arbustive dove necessario;
 - sarchiature (rottura e sminuzzatura della crosta del terreno con estirpazione delle malerbe) o scerbature (eliminazione della parte aerea e dell'apparato radicale di piante erbacee infestanti);
 - integrazione della pacciamatura;
 - sostituzione delle piante morte;
 - pulizia dei rifiuti dalle sponde;
 - periodicamente è necessaria la rimozione dei sedimenti, l'ispezione delle sponde e del letto per individuare eventuali processi erosivi, naturali o provocati da animali e la ripulitura del canale da rifiuti e detriti depositatesi. La manutenzione straordinaria prevede inoltre di esaminare la pendenza del fango secco e la velocità di infiltrazione circa una volta l'anno, e la rimozione dei sedimenti trasportati dal deflusso, il dissodamento del terreno;
 - contenimento specie animali invasivi;
 - pulizia delle cisterne, dei serbatoi, dei big pipe con cadenza trimestrale ma dipendente dall'entità del sistema di accumulo;
 - rimozione accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo nei pozzi ed eventuale pulizia dei filtri secondo necessità;
 - trattamenti fitosanitari secondo necessità;
- controllo dei sistemi di pompaggio e di regolazione degli invasi con cadenza al più mensile.

8 CASI STUDIO DEL COMUNE DI MILANO

1: FILOTRAMVIA 90-91

2: PIANO ATTUATIVO CASERMA MAMELI

3: PARCHEGGIO INTERRATO DI VIA BORGOGNA

4: PIAZZA GRECO-CONTI

5: P.I.I. CALCHI TAEGGI

LEGENDA

RETICOLO IDROGRAFICO

Scoperto	Tombinato	
		Reticolo idrico principale (RIP)
		Reticolo idrico minore demaniale (RIM)
		Reticolo idrico consortile (RIB)
		Reticolo idrico privato
		Reticolo idrico privato (in derivazione dal reticolo consortile di ETV)

ADEGUAMENTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT) AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) UTILIZZANDO I RISULTATI DEGLI STUDI MODELLISTICI - 2019

Classi di Pericolosità

	Pericolosità P3, alluvioni frequenti, tempo di ritorno TR 10 anni	
	Pericolosità P2, alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno TR 100*/200**	*TR = 100 anni per Garbogera, Seveso e Pudiga **TR = 200 anni per Lambro
	Pericolosità P1, scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi, tempo di ritorno TR 500 anni	

Criticità idrauliche puntuali (ricadenti su RIM, RIB e privato)

Tratti soggetti ad esondazioni

Aree con ridotta permeabilità dei terreni superficiali

Aree con ridotta soggiacenza della falda (<5 m)

ACQUE SOTTERRANEE

Pozzi
Norme in materia ambientale (DLgs n. 152/2006) e Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto (DGR n. 7/12693/2003 - Allegato 1)

	Pozzi acquedottistici
	Zona di tutela assoluta (10 m)
	Aree di protezione (200 m, 60 m o criterio cronologico)

Vincoli conseguenti a procedimenti di bonifica conclusi

	Limitazioni alle destinazioni d'uso
	Procedimento chiuso ex c.2 art. 242 D.lgs.152/06
	Procedimento ex D.M. 471/99 - archiviata
	Vincoli fisici

CASO STUDIO 1: FILOTRAMVIA 90-91

DESCRIZIONE

PROGETTO:

L'intervento prevede la realizzazione della nuova sede della filo tranvia 90-91 e il miglioramento della rete dei percorsi pedonali e ciclabili lungo il tratto di circosollazione tra le piazze Zavattari e Stuparich. L'intervento prevede:

- sede riservata al trasporto pubblico di linea larga 7 metri;
- fascia a verde di 4 metri per separare la sede della filo tranvia da ciascuna delle due carreggiate. Tale fascia sar  alberata con platani con un sesto d'impianto costante di 10 metri.
- pista ciclabile separata da cordone in granito e marciapiede con asfalto colorato.

CONTESTO

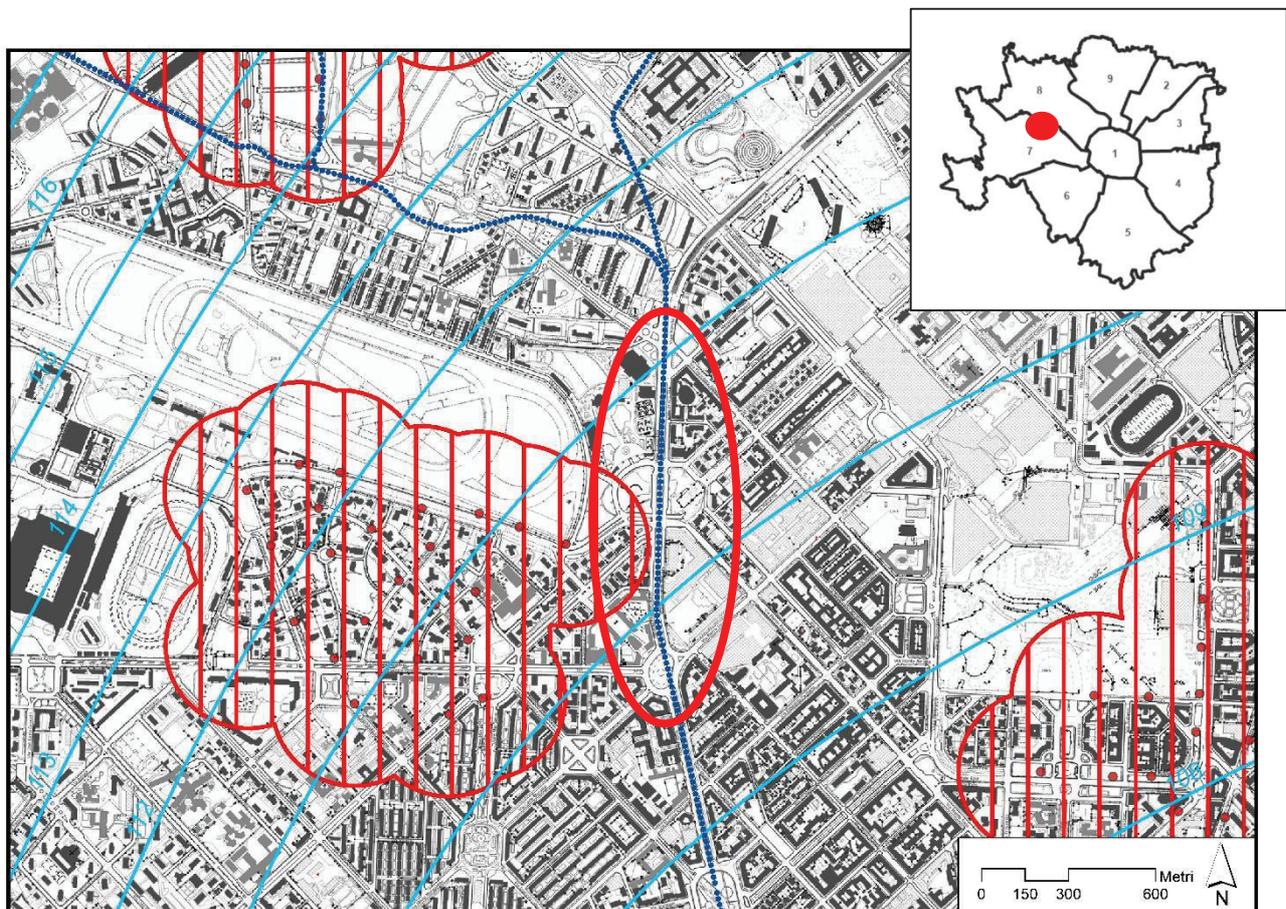
TERRITORIALE:

Presenza del Fiume Olona tombinato al centro della carreggiata. La carreggiata   attualmente pavimentata e parzialmente adibita a parcheggio.

APPLICAZIONE DEL

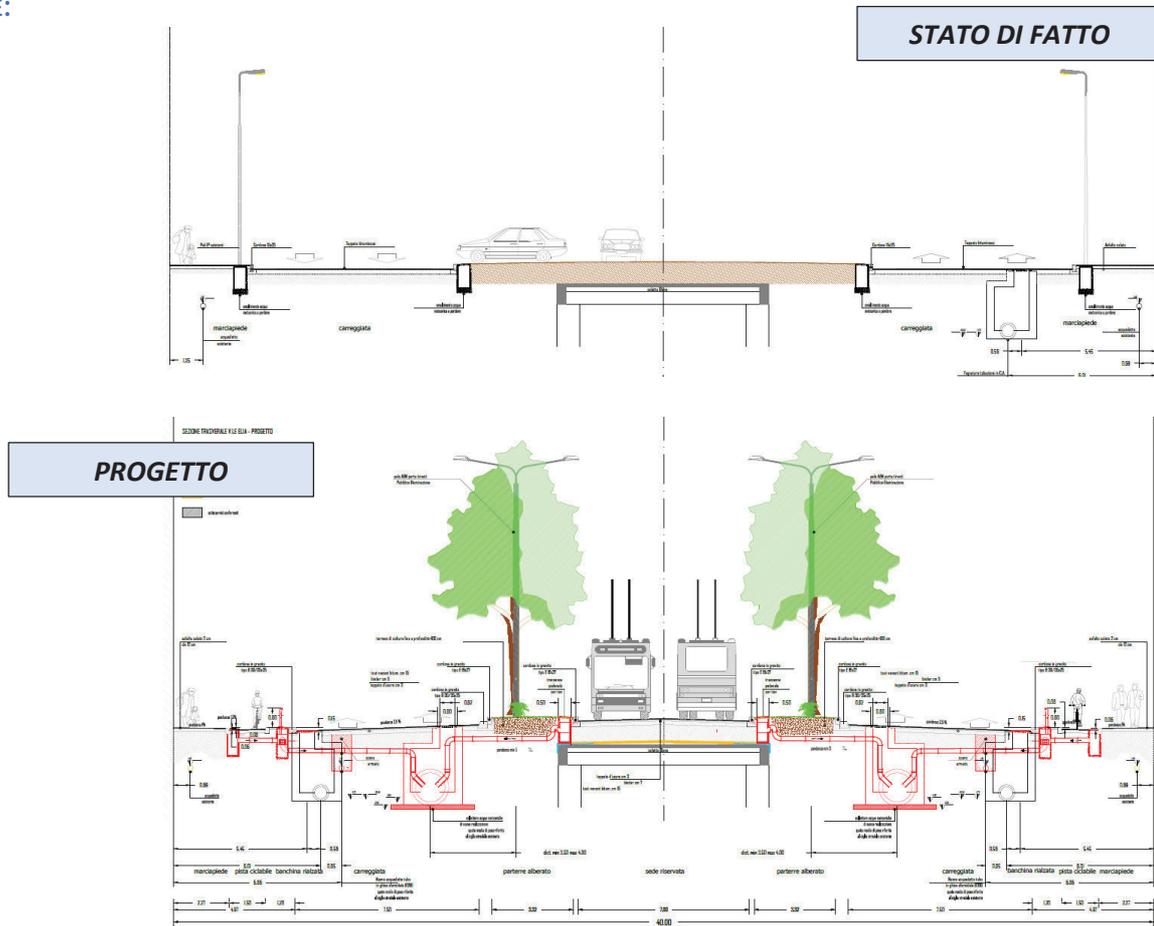
R.R.7/2017:

Non   prevista l'applicazione del r.r. 7/2017 Art. 3 comma 3 trattandosi di intervento di ammodernamento di sede stradale ad eccezione della realizzazione della nuova rotonda di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo "E", "F" e "F-bis". Inoltre il progetto   stato redatto nel 2009 e appaltato nel 2010, prima del r.r. 7/2017 ma poi sospeso per inadempienze della ditta appaltatrice.



**SOLUZIONI
ADOTTATE PER
DRENAGGIO
ACQUE
METEORICHE:**

- **Parziale depavimentazione** dell'area di intervento
- Laminazione delle acque meteoriche di drenaggio della sede stradale, della pista ciclabile e del marciapiede mediante realizzazione di nuovo **maxi pipe** (tipo omega 80) posto sotto la carreggiata.



L'intervento persegue inoltre gli obiettivi:

- Promozione dei modi di trasporto a basso impatto ambientale, sfruttando ogni possibilità per elevare, oltre alla sicurezza, livello di servizio, confort, microclima e qualità estetico-percettiva dei percorsi destinati a pedoni e ciclisti e alla micro mobilità elettrica.
- L'inserimento di porzioni di aree permeabili sistemate a verde in sostituzione di aree oggi pavimentate o comunque impermeabili.
- La posa a dimora, ovunque possibile, di alberature a foglia caduca di media e grande dimensione allo scopo di migliorare il microclima e rallentare con il fogliame il deflusso delle acque meteoriche.
- Riordino del sistema delle acque meteoriche improntato a criteri del drenaggio sostenibile e, per quanto possibile e previsto dalle norme vigenti, dei principi dell'invarianza idraulica e idrologica.

CASO STUDIO 2: PIANO ATTUATIVO CASERMA MAMELI

DESCRIZIONE

PROGETTO:

Il progetto prevede il recupero di alcuni edifici storici e la realizzazione di nuovi in un'area di 105.000 mq della ex Caserma Mameli. Saranno realizzati:

- 9 nuovi edifici a destinazione residenziale-sociale e commerciale;
- Il recupero di 6 strutture attualmente esistenti destinate ad attività di interesse pubblico generale e ad uso edilizia residenziale-sociale e commerciale;
- realizzazione di 2 parcheggi pubblici, 4 parcheggi pertinenziali e una nuova viabilità a servizio degli edifici in progetto;
- la parte centrale dell'area, attualmente a verde, verrà destinata a verde pubblico mentre un'altra parte sarà adibita a verde e piazze.

CONTESTO

TERRITORIALE:

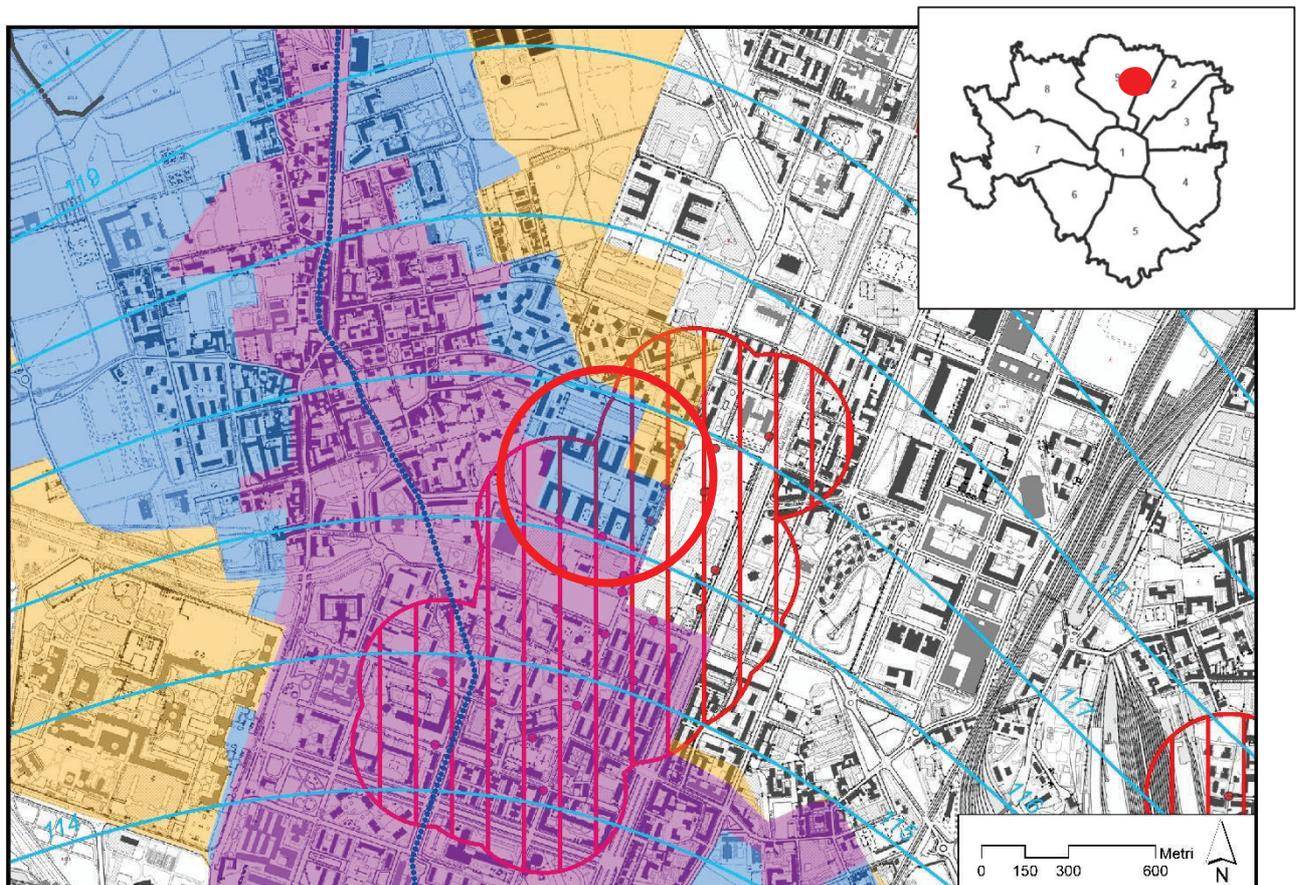
Prossimità al tratto tombinato del torrente Seveso in Area a rischio idraulico (Pericolosità P1-scarso, P2-poco frequente e P3-frequante). Presenza area rispetto di pozzi ad uso idropotabile.

APPLICAZIONE DEL

R.R.7/2017:

Il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e degli interventi finalizzati a garantire l'invarianza idraulica e idrologica è stato eseguito seguendo il r.r. 7/2017:

- Classe A – alto rischio;
- coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area risulta superiore a 0,4;
- classe di intervento "3" – Impermeabilizzazione potenziale alta.

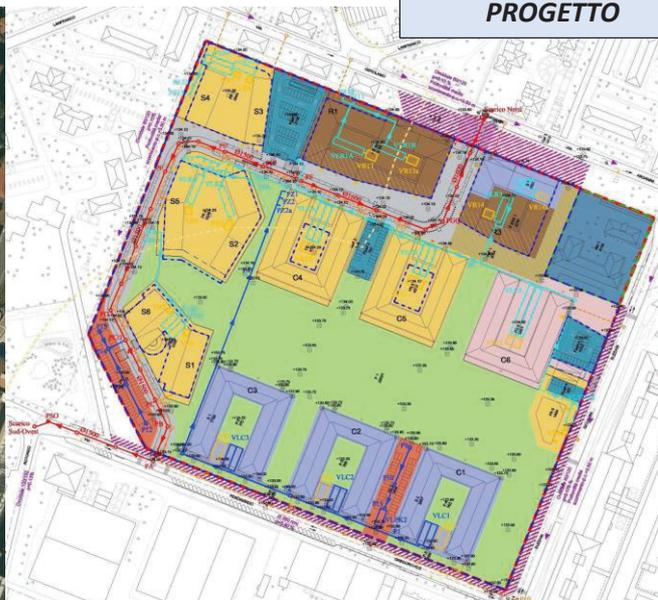


**SOLUZIONI
ADOTTATE PER
DRENAGGIO
ACQUE
METEORICHE:**

- Lo smaltimento idraulico delle acque meteoriche incidenti sulla viabilità pubblica, relativi marciapiedi e sull'area a parcheggio pubblico posta a sud-ovest avverrà con un sistema di tubazioni tipo **maxi-pipes** posti al di sotto della viabilità pubblica, per laminare e restituire in fognatura mista pubblica con limite allo scarico pari a 10 l/(s*ha imp).
- Gli edifici pubblici ed un parcheggio pubblico saranno attrezzati ciascuno con **una vasca di laminazione** collegata a **pozzi perdenti** pubblici per infiltrazione nel sottosuolo posti al di fuori dell'area di rispetto pozzi.
- Anche le acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici privati, dalle aree pavimentate limitrofe e dalle aree a parcheggio di pertinenza verranno smaltite localmente, per singoli lotti, previa laminazione in vasche dedicate, attraverso pozzi perdenti privati al di fuori dell'area di rispetto pozzi.
- L'area centrale a verde non rientra nelle valutazioni di invarianza idraulica in quanto risulta depressa rispetto ai piazzali e viabilità circostanti per almeno 20 cm svolgendo quindi direttamente azione di accumulo e infiltrazione delle acque meteoriche insistenti sull'area stessa.



STATO DI FATTO



PROGETTO

Il tempo di ritorno di riferimento dell'evento meteorico e per il quale sono stati dimensionati i sistemi di raccolta, laminazione e smaltimento delle acque piovane, è pari a 50 anni.

Lo studio dettagliato del sistema di laminazione e smaltimento acque (tubazioni e vasche di laminazione) è stato condotto utilizzando il modello SWMM Storm Water Management Model - EPA.

CASO STUDIO 3: PARCHEGGIO INTERRATO DI VIA BORGOGNA

DESCRIZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio pubblico di 4 piani interrati nel centro del Comune di Milano.

PROGETTO:

CONTESTO

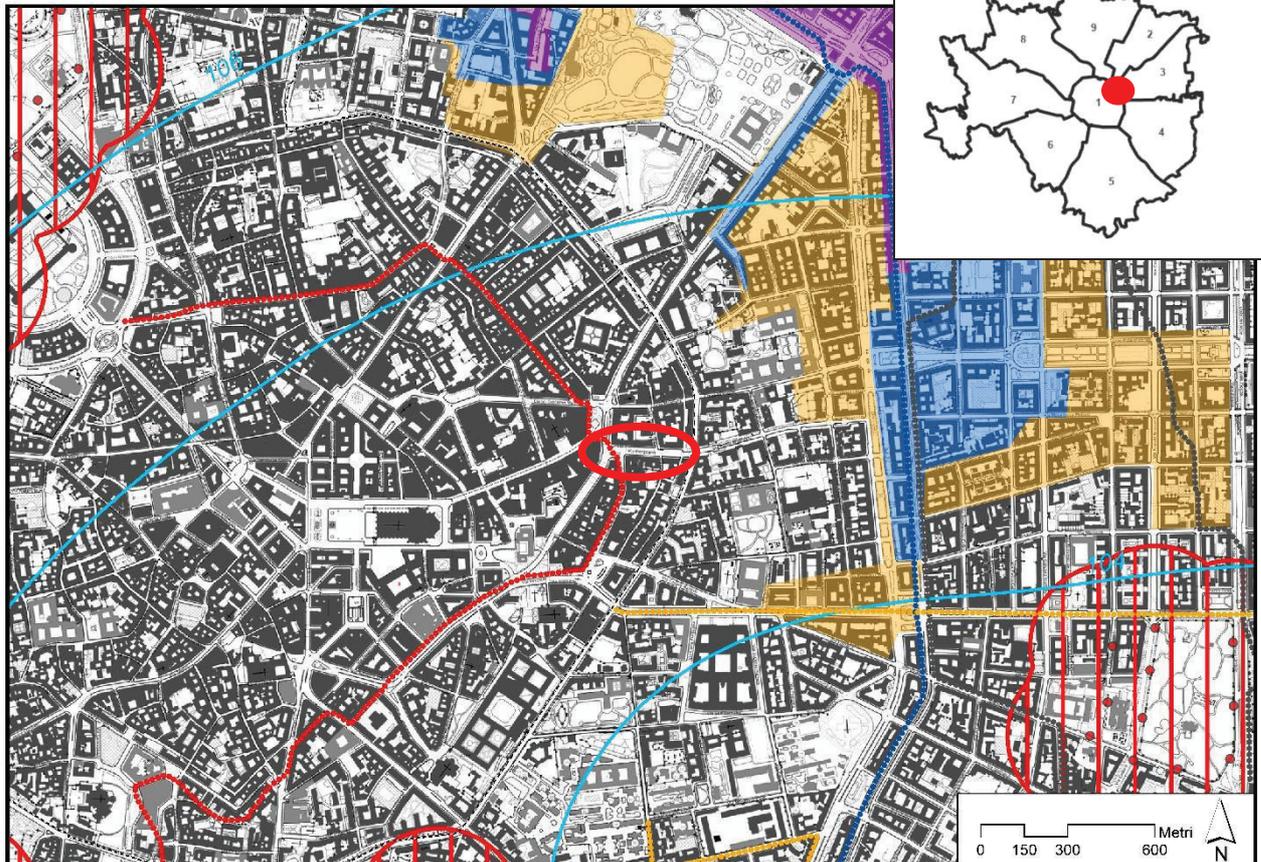
TERRITORIALE:

Contesto urbano fortemente urbanizzato. Presenza di reticolo minore sul lato ovest ma in contropendenza rispetto al naturale deflusso delle acque. Non ci sono aree verdi nelle vicinanze dove prevedere infiltrazione. Vicina presenza della linea metropolitana.

APPLICAZIONE DEL R.R.7/2017:

Come per tutte le strutture interrate, definite come “nuove costruzioni” all’Art. 3, comma 1 , lettera e) del d.p.r. 380/2001, deve essere applicato il r.r. 7/2017 e s.m.i. considerando come superficie dell’area l’impronta della struttura interrata stessa a prescindere dall’intervento previsto in superficie che rientrerebbe tra gli interventi di cui all’art. 3, comma 2 e 3 del r.r. 7/2017 e s.m.i..

Non riuscendo a raggiungere il limite di $10 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{Simp}})$ del r.r. 7/2017 per mancanza di aree verdi per l’infiltrazione e difficoltà nel reperire un volume sufficiente per la laminazione, è stato assunto il limite di portata scaricabile pari a $40 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{Simp}})$ di intervento (PTUA 2006 per lo scarico in fognatura di superfici già impermeabilizzate). Poiché l’opera era già stata precedentemente approvata, è stato applicato tale limite in quanto l’intervento risulta realizzato al di sotto di una strada esistente già attualmente collettata in fognatura. Il Gestore del S.I.I. ha dichiarato che nell’area l’attuale portata recapitata a due tronconi di fognatura non determina problemi per la rete esistente. Con tale limite si attua comunque la laminazione di più del 50% del volume che si avrebbe con limite pari a $10 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{Simp}})$.

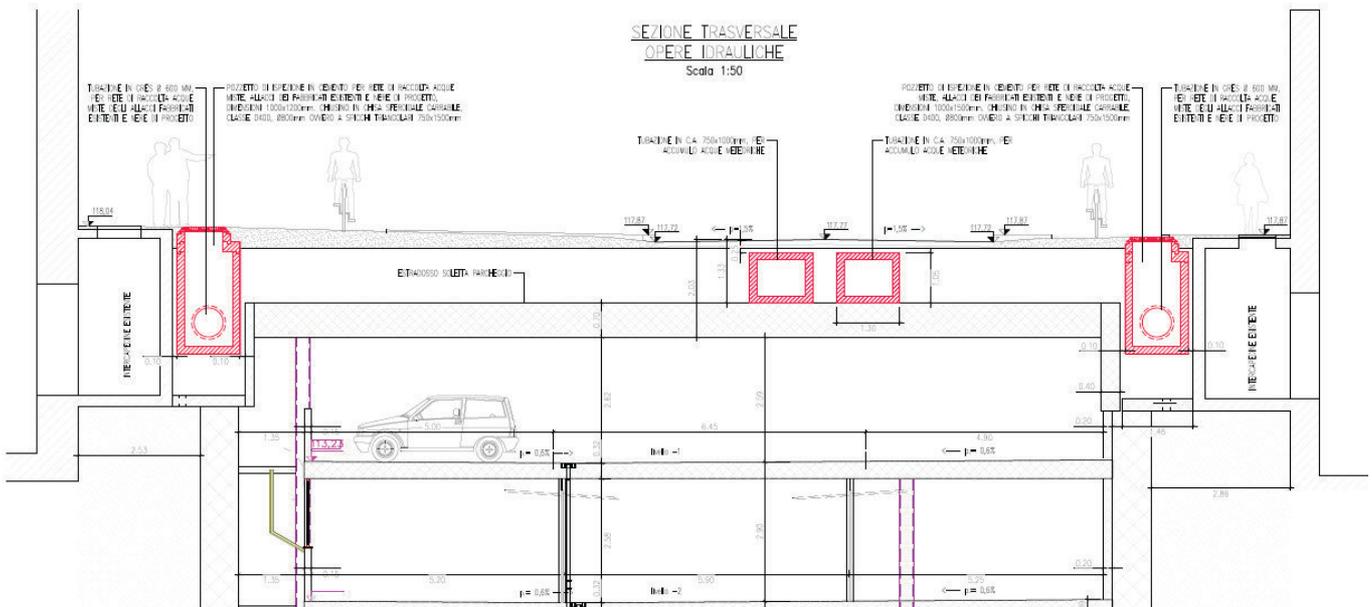


**SOLUZIONI
ADOTTATE PER
DRENAGGIO
ACQUE
METEORICHE:**

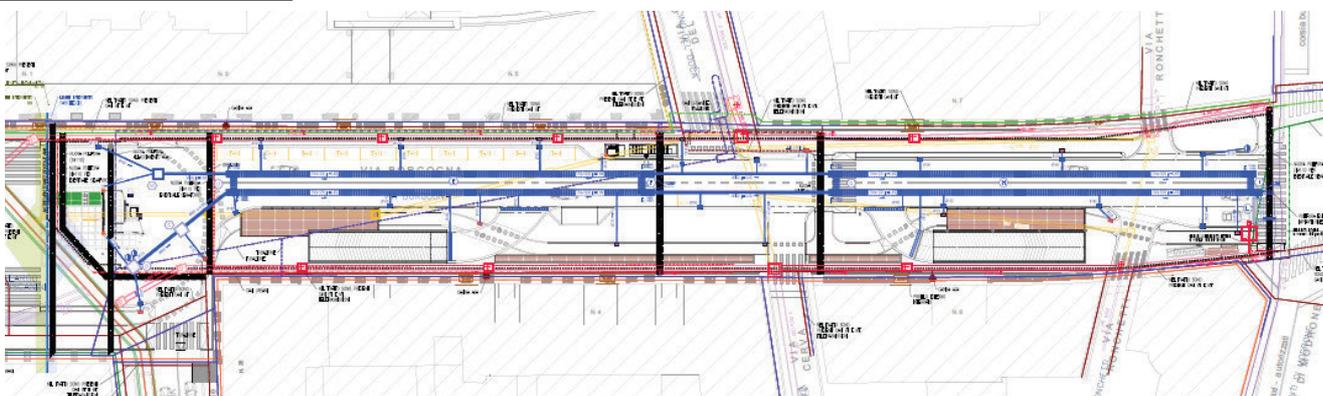
Il drenaggio delle acque su strada e marciapiedi sopra il parcheggio interrato è previsto mediante realizzazione di maxi pipe (c.a. 750x1000 mm) appoggiati sopra l'estradosso del parcheggio per laminare e restituire in fognatura mista pubblica una portata pari a 40 l/(s*haSimp) .

E' previsto il frazionamento dei **maxi-pipe** mediante l'inserimento di valvole per massimizzare il volume utile. Il vincolo principale rimane che è necessaria garantire una sufficiente copertura ai maxi-pipe al fine di non creare problemi di cedimento del manto stradale. Il pacchetto minimo dovrà prevedere:

- 20 cm tra l'estradosso della struttura interrata e il piano di posa delle infrastrutture di drenaggio (maxi pipe, camerette, vasca volano, etc.) per una loro eventuale sostituzione;
- 60/100 cm tra l'estradosso dell'infrastruttura di drenaggio (maxi pipe/vasca volano/camerette) e il piano campagna in maniera da garantire il pacchetto stradale adeguato anche in caso di carichi di 1 categoria. Tale spessore potrà eventualmente essere diminuito o aumentato nel caso di copertura a verde in relazione al tipo di piantumazione prevista.



PROGETTO



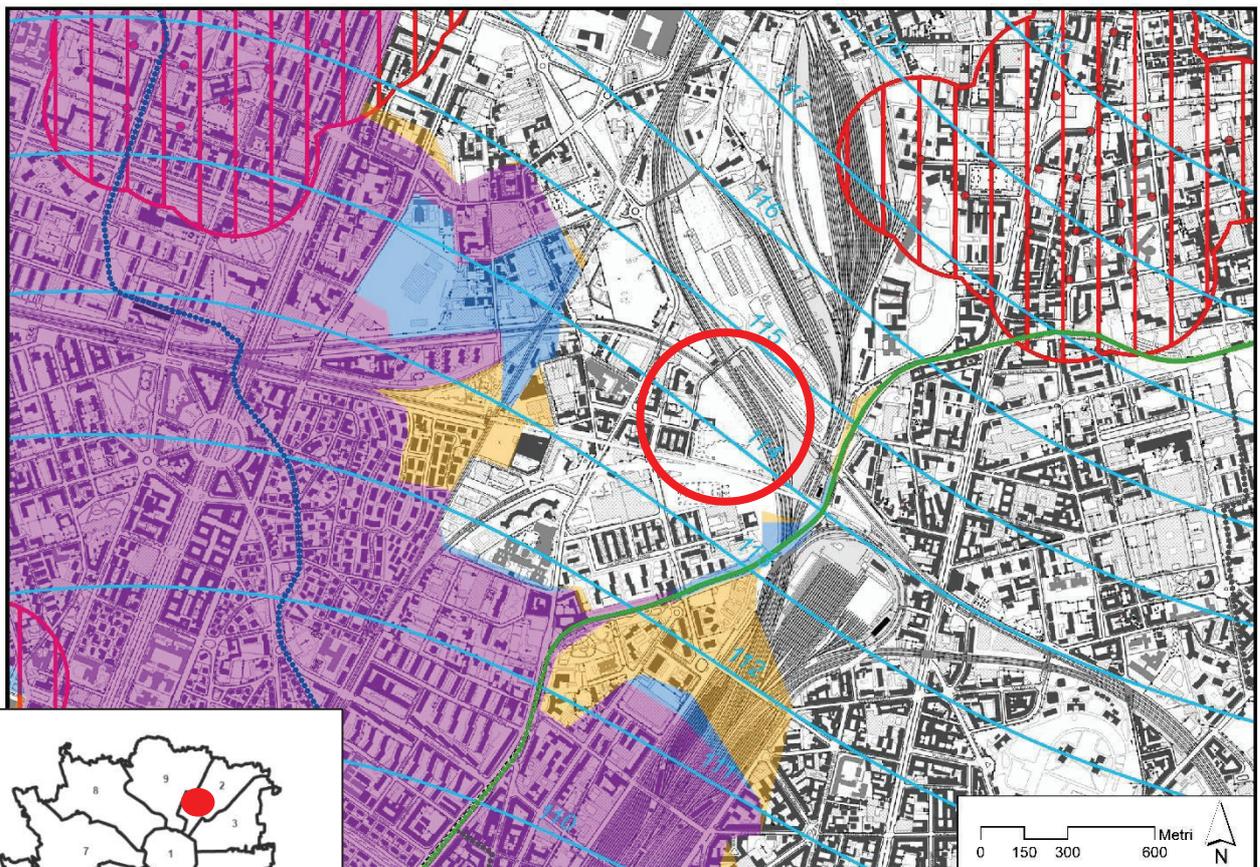
CASO STUDIO 4: PIAZZA GRECO-CONTI

DESCRIZIONE PROGETTO: Il progetto prevede la realizzazione di una piazza pubblica all'interno della riqualificazione della Cascina Conti nel quartiere di Greco del Comune di Milano.

CONTESTO TERRITORIALE: Si tratta di una piazza pubblica circondata da abitazioni ristrutturate con un edificio pubblico centrale. Parte della piazza sarà pavimentata e parte adibita a verde. Il sottosuolo di parte della piazza è interessata da parcheggio privato. Non ci sono corsi d'acqua prossimi all'area e pochi spazi verdi vicini.

APPLICAZIONE DEL R.R.7/2017: Il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dovrà garantire l'invarianza idraulica e idrologica rispettando il r.r. 7/2017:

- Classe A – alto rischio;
- classe di intervento "2" – IMPERMEABILITA' POTENZIALE MEDIA (superficie interessata da > 1000 mq a <= 10.000 mq).
- coefficiente di deflusso medio ponderale qualsiasi.



**SOLUZIONI
ADOTTATE PER
DRENAGGIO
ACQUE
METEORICHE:**

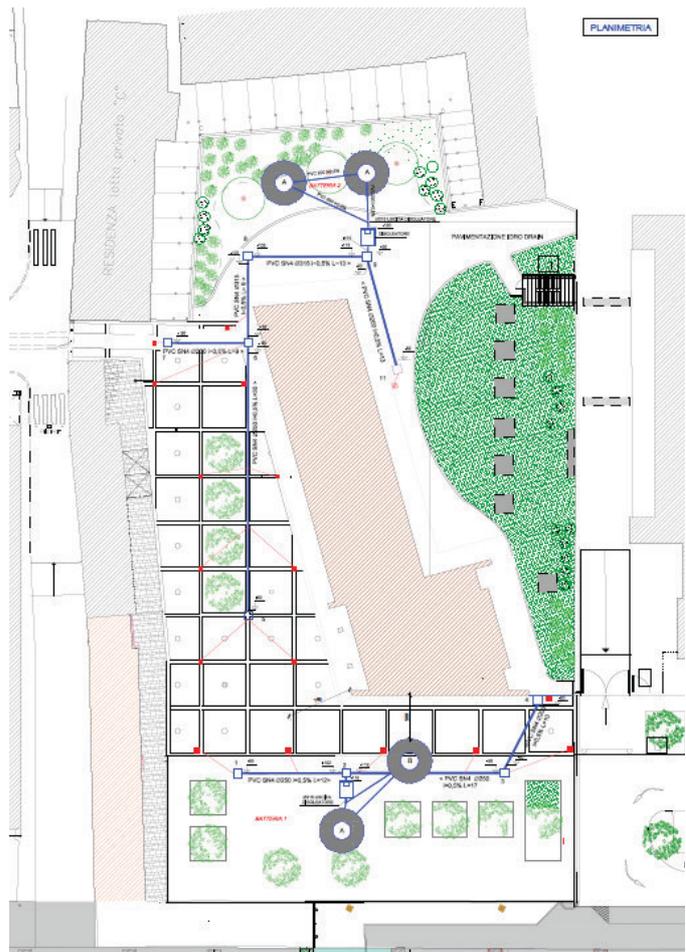
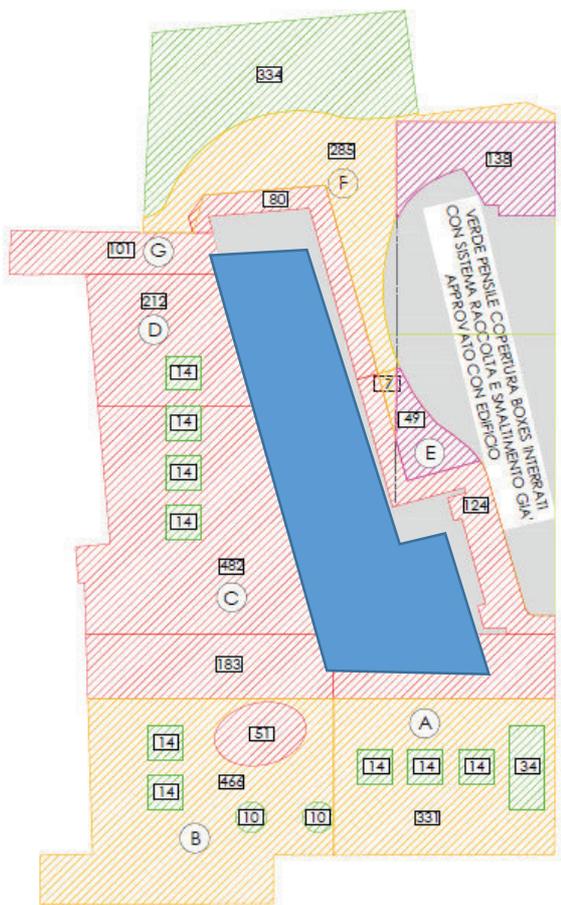
Per ridurre al massimo il volume di laminazione delle acque meteoriche si è concordato di **ridurre al massimo la pavimentazione** della piazza: solo una parte della pavimentazione sarà impermeabile (in pietra), mentre la restante parte sarà adibita a verde e in **materiale permeabile** (idrodrain). Si è escluso l'utilizzo del ghiaietto per non creare delle barriere architettoniche all'accesso agli edifici pubblici e residenziali, in linea con il P.E.B.A..

Le acque meteoriche di dilavamento della piazza saranno raccolte inviate a due distinti sistemi di infiltrazione costituiti ognuno da 2 **pozzi di infiltrazione preceduti da disoleatore e dissabbiatore**:

- N. 2 pozzi saranno localizzati nell'area verde, lontani almeno 3 m dalle fondamenta e posizionati più possibile ove non siano previste alberature;
- N. 2 pozzi sono previsti sotto la pavimentazione in via sperimentale in una posizione ove non sia previsto il passaggio di mezzi di soccorso e/o manutenzione.

Il progettista non ha previsto allaccio alla fognatura ma smaltimento tramite sola infiltrazione pertanto è prevista una riduzione del 30% del volume di laminazione.

PROGETTO



CASO STUDIO 5: P.I.I. CALCHI TAEGGI

DESCRIZIONE

PROGETTO:

Il Programma Integrato di Intervento Calchi Taeggi prevede la realizzazione di un viale alberato parallelo alla via Bisceglie, un grande parco centrale, due blocchi di edifici a destinazione residenziale, un blocco di edifici ad uso terziario ed un piccolo edificio a destinazione sociale oltre ad un centro commerciale, separati da un ampio spazio con percorsi connettivi pedonali e prati.

CONTESTO

TERRITORIALE:

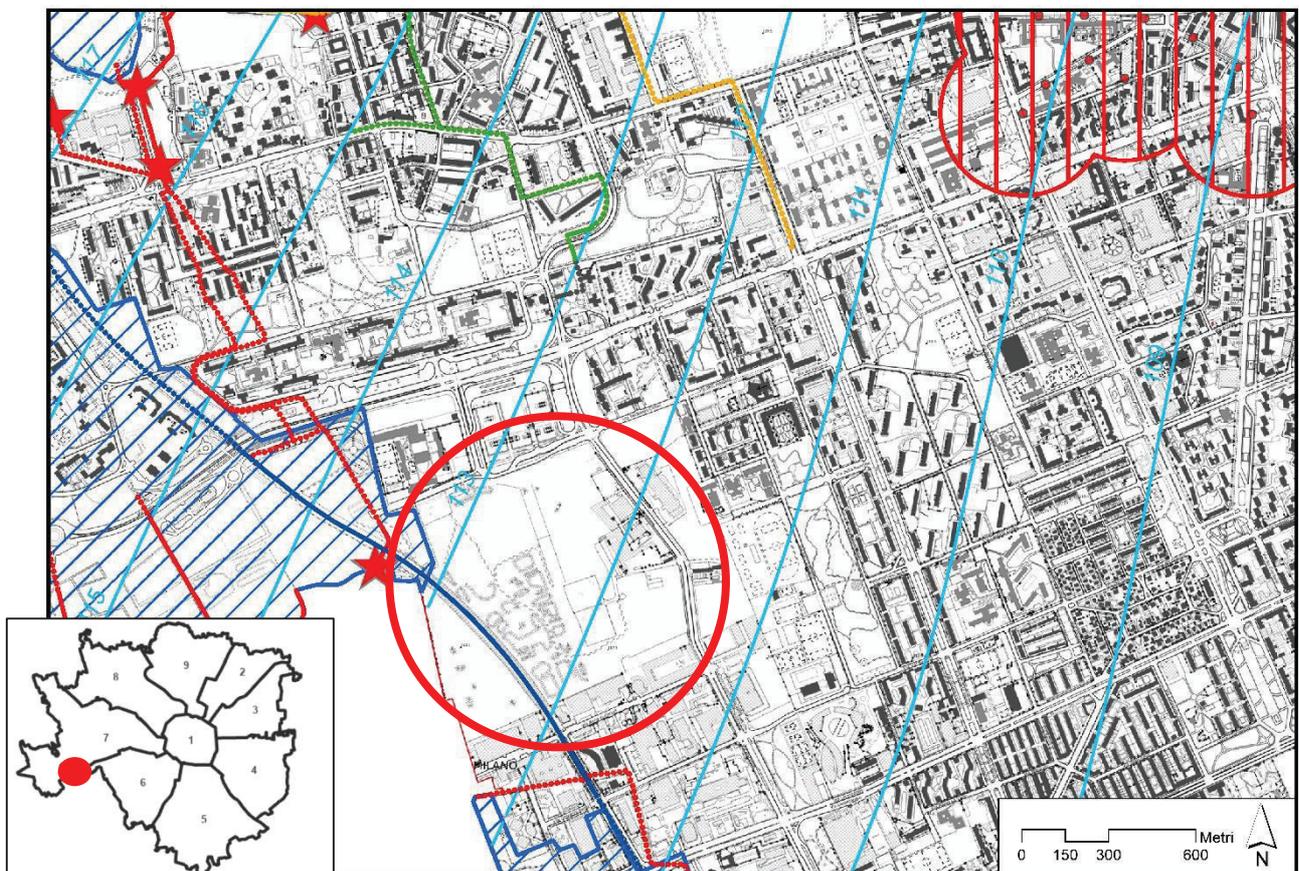
L'area si trova in adiacenza al Deviatore Olona. Gran parte delle aree interessate dal PII vigente (area ex Cava Geregnano) sono già state oggetto di alcuni interventi di bonifica secondo i contenuti di un progetto operativo di bonifica e messa in sicurezza permanente.

APPLICAZIONE DEL

R.R.7/2017:

Il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dovrà garantire l'invarianza idraulica e idrologica rispettando il r.r. 7/2017.

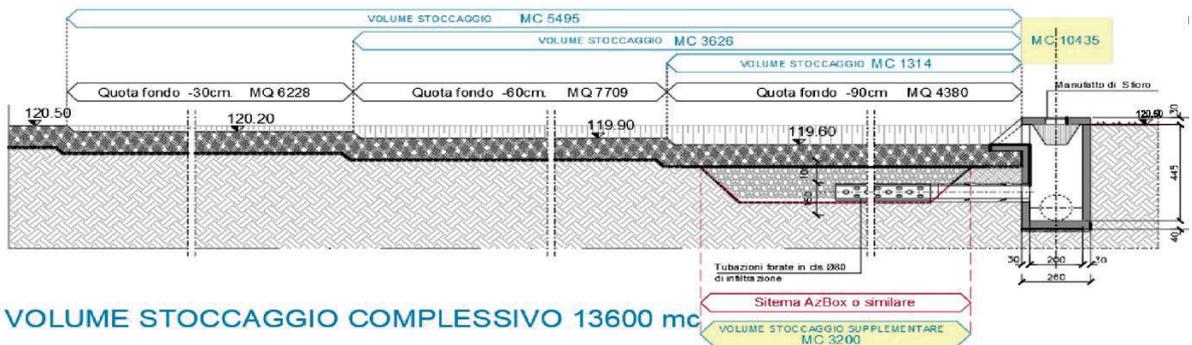
Non è ammissibile lo smaltimento per infiltrazione delle acque meteoriche in quanto tutta l'area è interessata dalla presenza di un telo impermeabile sottostante della MISP, pertanto le acque meteoriche dovranno essere recapitate nel Deviatore Olona, previa laminazione in conformità al R.R. 7/2017, solo quando il deviatore stesso non è interessato dallo smaltimento delle piene del Fiume Olona (parere AIPO prot. 6.10.20/2018, che in caso di arrivo dell'onda di piena impone di mantenere lo scarico chiuso per 5 ore, con conseguente necessità di una temporanea ritenzione totale delle piogge all'interno del sito).



**SOLUZIONI
ADOTTATE PER
DRENAGGIO
ACQUE
METEORICHE:**

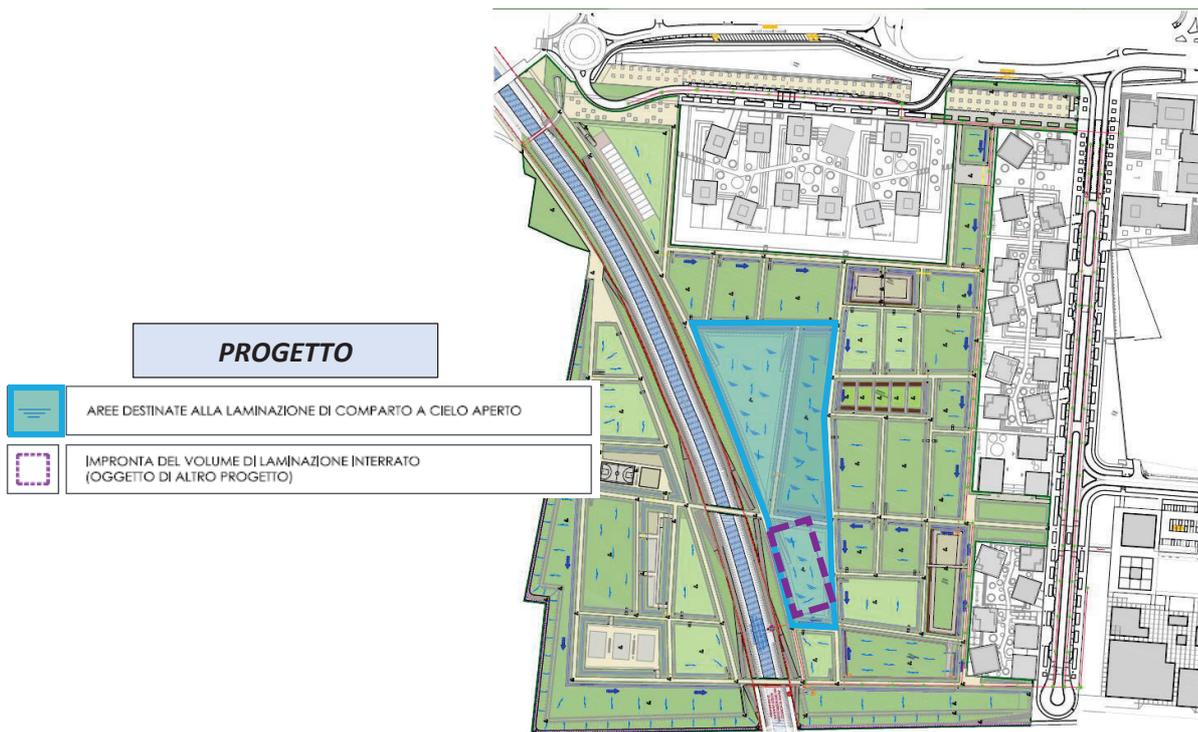
Il progetto prevede la realizzazione di **reti separate** tra acque nere, che saranno inviate alla fognatura mista esistente al margine dell'area, e le acque meteoriche (strade, parcheggi, tetti, cortili, aree verdi, ecc.), che saranno recapitate nel Deviatore Olona. Saranno dunque realizzati:

- collettori pubblici in sede stradale per la raccolta delle acque di drenaggio delle strade;
- collettori privati per la raccolta delle acque bianche delle aree private;
- **reti di canali nel parco** per la raccolta delle acque di ruscellamento del parco stesso;
- **bacino di laminazione** (volume totale di 14.000 mc) in parte interrato ed in parte a cielo aperto, costituito da una sequenza di zone via via più depresse rispetto al parco circostante a -30 cm, -60 cm e -90 cm. E' previsto un ulteriore volume di stoccaggio costituito da moduli geocellulari impermeabile ed ispezionabile;
- manufatto di regolazione e scarico.



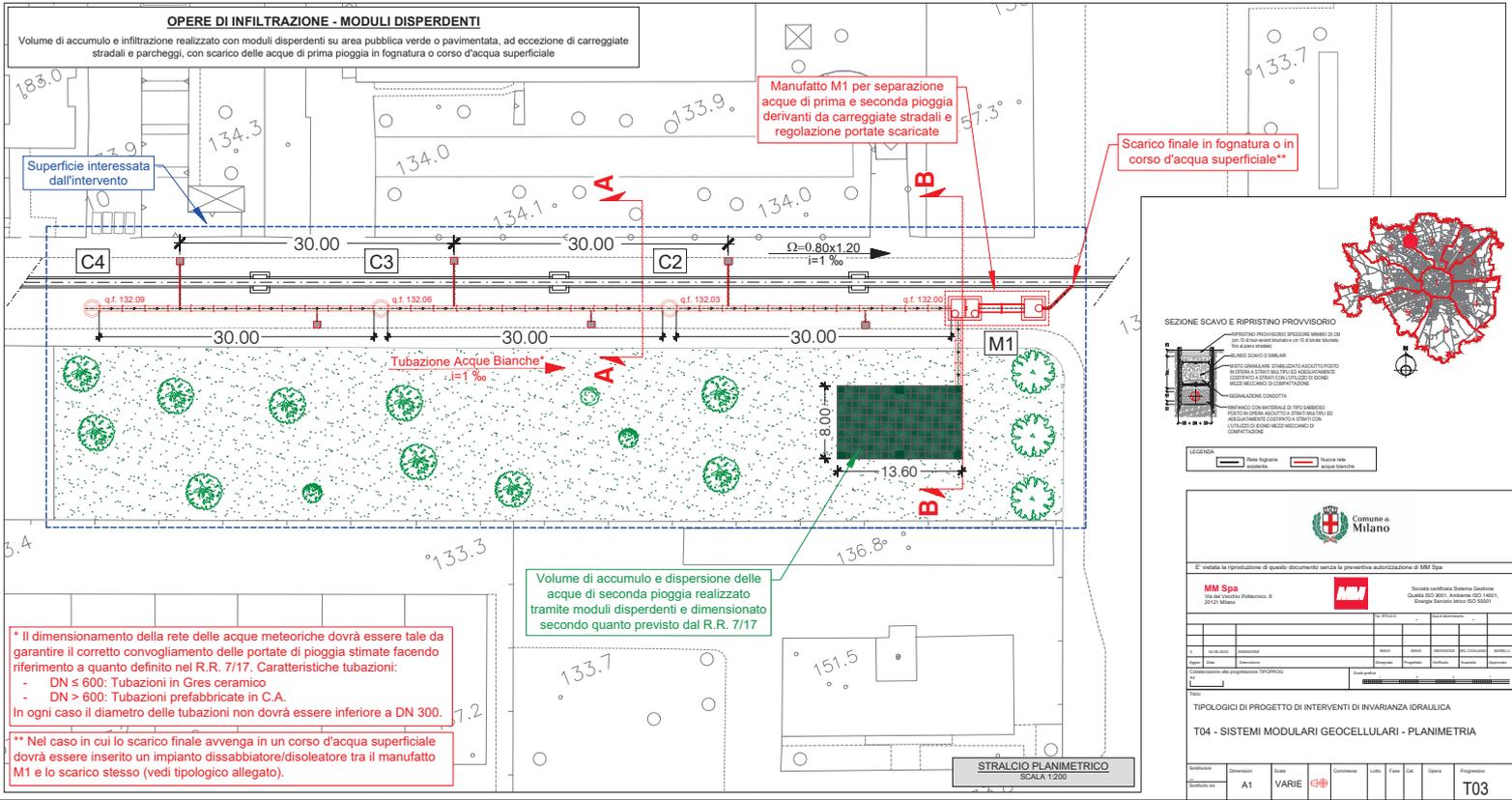
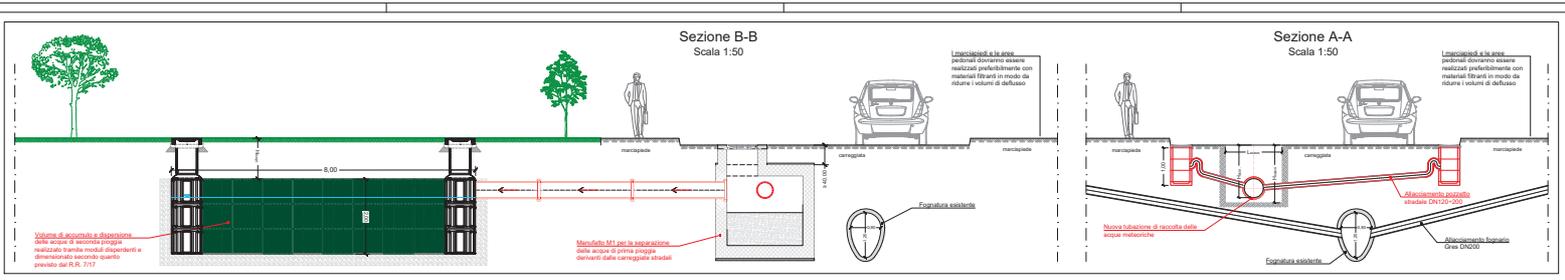
In generale il funzionamento sarà:

- eventi meteorici normali: il flusso transita indisturbato verso il deviatore;
- eventi meteorici intensi: valvola di regolazione a galleggiante che limita la portata, e gradualmente il sistema inizia ad invasare le portate in eccesso;
- sensore di livello indica superamento del 90% del massimo ammesso nel Deviatore (parere AIPO), viene chiusa la paratoia e le acque meteoriche verranno invasate nel bacino di laminazione e rilasciate successivamente.



9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Masseroni D., Massara F., Gandolfi C., Bischetti G.B. con la collaborazione di CAP Holding SpA, *"Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile"*, (2018)
- Gibelli G., Gelmini A., Pagnoni E., Natalucci F., *"GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE URBANE. MANUALE DI DRENAGGIO 'URBANO'. Perché, Cosa, Come"*, Regione Lombardia, Ersaf, Milano (2015)
- School of Architecture Urban Planning and Construction Engineering, *"Catalogue of Nature Based Solutions for Urban Regeneration"*, Politecnico di Milano (2019)
- Progetto ClimaMi, *"LINEE GUIDA all'utilizzo del SI-CU Strumento Informativo Clima Urbano: Il Database Climatologico"*, Fondazione OMD - Osservatorio Meteorologico Milano Duomo (2019)
- University of Arkansas Community Design Center, *"LID Low Impact Development - A design manual for urban areas"*, (2010)
- Masi F., Rizzo A., Bresciani R., *"Sustainable Rainwater Management in the City: Opportunities and Solutions for the Anthropogenic Environmental Impacts Reduction and Urban Resilience Increase"*
- Huber, J., 2010. *"Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas."* Fayetteville, AR: University of Arkansas Community Design Center.
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. and Kellagher, R., 2015. *"The SuDS Manual"*, C753, CIRIA, London, UK. ISBN 978-0-86017-760-9.
- SOS4Life *"Liberare il suolo - Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana"*, Regione Emilia Romagna
- Comune di Bologna, IRIDRA, ATKINS, European Investment Bank, *"Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici"* (Aprile 2018)
- V. Dessì, E. Farnè, L. Ravanello, M. T. Salomoni, *"RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici"*, Regione Emilia-Romagna, Politecnico (2016)
- REGIONE LOMBARDIA, ERSAF, *"A regola d'acqua - Guida per la gestione delle acque nella pianificazione e regolamentazione comunale"* (2106)



* Il dimensionamento della rete delle acque meteoriche dovrà essere tale da garantire il corretto convogliamento delle portate di pioggia stimate facendo riferimento a quanto definito nel R.R. 7/17. Caratteristiche tubazioni:

- DN ≤ 600: Tubazioni in Gres ceramico
- DN > 600: Tubazioni prefabbricate in C.A.

In ogni caso il diametro delle tubazioni non dovrà essere inferiore a DN 300.

** Nel caso in cui lo scarico finale avvenga in un corso d'acqua superficiale dovrà essere inserito un impianto dissabbiatore/diisolatore tra il manufatto M1 e lo scarico stesso (vedi tipologico allegato).

SEZIONE SCAVO E RIPRISTINO PROVVISORIO

Per le opere di scavo e ripristino provvisorio, si dovranno adottare le seguenti norme:

- Norme di sicurezza durante le opere di scavo
- Norme di sicurezza durante le opere di ripristino
- Norme di sicurezza durante le opere di manutenzione

Il presente documento è redatto in conformità con le norme tecniche di cui al D.M. 18/03/2012.

LEGENDA

- Manufatto M1
- Manufatto M2
- Manufatto M3
- Manufatto M4
- Manufatto M5
- Manufatto M6
- Manufatto M7
- Manufatto M8
- Manufatto M9
- Manufatto M10
- Manufatto M11
- Manufatto M12
- Manufatto M13
- Manufatto M14
- Manufatto M15
- Manufatto M16
- Manufatto M17
- Manufatto M18
- Manufatto M19
- Manufatto M20

Comune di Milano

E' vietata la riproduzione di questo documento senza la preventiva autorizzazione di MM Spa

MM Spa Società certificata Sistema Gestione Qualità ISO 9001, Ambiente ISO 14001, Energia Servizio Clienti ISO 55001

Via del Vecchio Palazzo, 8 20121 Milano

PROGETTO

Tipologia di Progetto: T04 - SISTEMI MODULARI GEOCELLULARI - PLANIMETRIA

Dimensione: A1

Stato: VARIE

Comune: CMB

Località: CMB

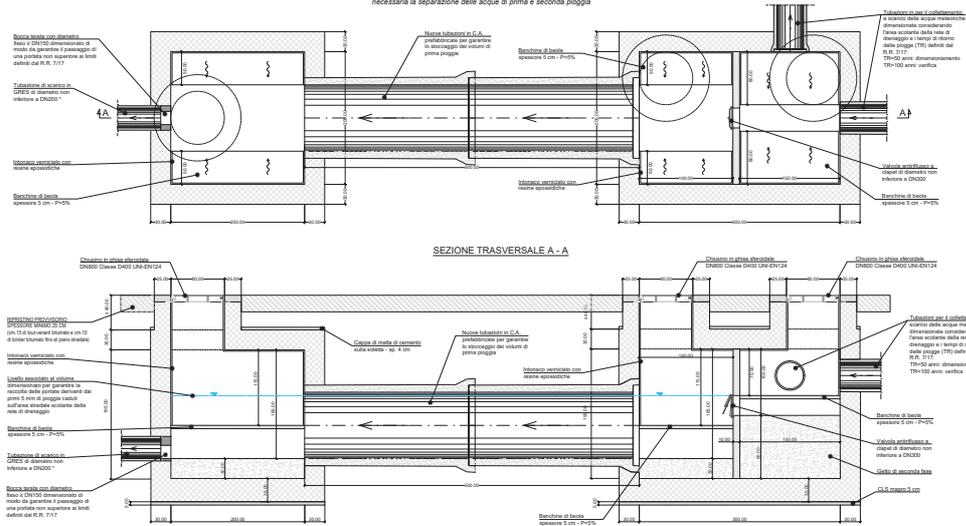
Fase: CMB

Opera: CMB

Progresso: T03

PIANTA MANUFATTO M1
Scala 1:20

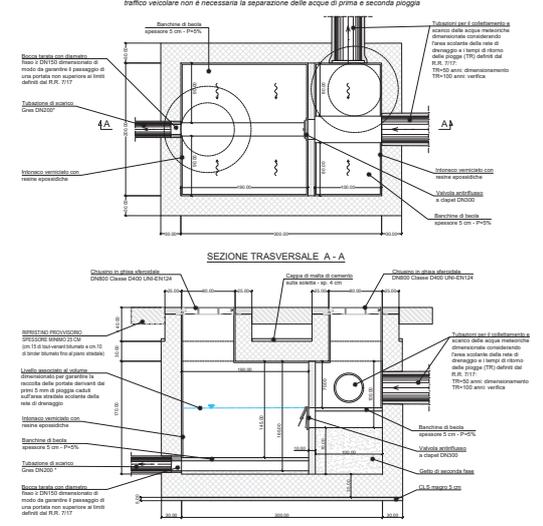
Il sistema a doppia cameretta qui rappresentato può essere impiegato per la separazione delle acque di prima e seconda pioggia derivanti dalle superfici stradali impermeabilizzate scolate della rete di drenaggio superiori a 600 m². Per tutte le aree che non siano strade, parcheggi o comunque zone soggette a traffico veicolare non è necessaria la separazione delle acque di prima e seconda pioggia.



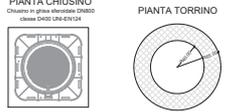
* Nel caso in cui lo scarico finale avvenga in un corso d'acqua superficiale dovrà essere inserito un impianto dissabbiatore/decantatore tra il manufatto M1 e lo scarico stesso (vedi tipologico allegato).

PIANTA MANUFATTO M1
Scala 1:20

Il sistema a doppia cameretta qui rappresentato può essere impiegato per la separazione delle acque di prima e seconda pioggia derivanti dalle superfici stradali impermeabilizzate scolate della rete di drenaggio superiori a 600 m². Per tutte le aree che non siano strade, parcheggi o comunque zone soggette a traffico veicolare non è necessaria la separazione delle acque di prima e seconda pioggia.



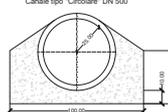
* Nel caso in cui lo scarico finale avvenga in un corso d'acqua superficiale dovrà essere inserito un impianto dissabbiatore/decantatore tra il manufatto M1 e lo scarico stesso (vedi tipologico allegato).



TIPOLOGIA DI CHIUSINI E TORRINI PER MANUFATTI E CAMERETTE
Scala 1:20

SEZIONE TIPO DELLE TUBAZIONI DI RACCOLTA ACQUE BIANCHE CON RELATIVO RINFIANCO IN MAGRONE
Scala 1:10

Caratteristiche tubazioni:
- DN > 600: Tubazioni in Gres ceramico
- DN > 600: Tubazioni prefabbricate in C.A.
In ogni caso il diametro delle tubazioni non dovrà essere inferiore a DN 300



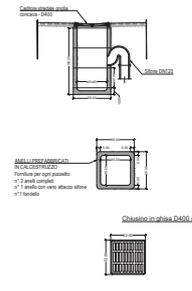
DATI DI DIMENSIONAMENTO

Tipologia area di intervento: **ESISTENTE** (ristrutturazione di nuova rete strada di lunghezza 110 m e larghezza carreggiata 8 m + 2,20 m x2 di marciapiede, annessa area verde di 2,2 ha)

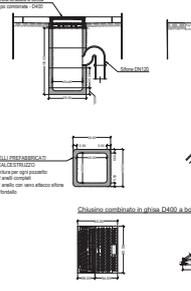
Tubazioni di raccolta acque meteoriche	C.A. DN 400 - in 1%
Tipologia scarico	Gres DN200 - Regolato con bocca tarata
Recezione finale	Fognatura - C.A. Ø 80x1,20
A _{precipitazione} [m ²]	3410,00
V _{precipitazione} [m ³ /h]	149,36
Q _{max} [l/s]	9,35
A _{filtrazione} [m ²]	1870,00
V _{filtrazione} [m ³ /h]	8,00
Q _{max} [l/s]	33,33



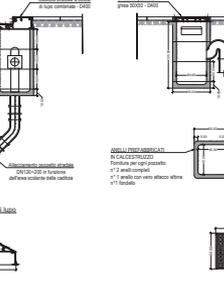
CADITOIA STRADALE
Scala 1:20



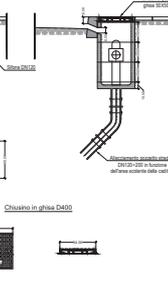
CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO COMBINATA
Scala 1:20



CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO
Scala 1:20



CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO
Scala 1:20



MATERIALI PER CAMERETTE E MANUFATTI

CONCRETI E MORTARE
C28/35
C25/30
C15/20
C12/15
C8/10
C5/8
C3/5

ACCIAI DA C.A.
BARRI E TRALICCI
f_{yk} ≥ 450 N/mm²
f_{yk} ≥ 340 N/mm²
f_{yk} ≥ 235 N/mm²
f_{yk} ≥ 178 N/mm²
f_{yk} ≥ 135 N/mm²
f_{yk} ≥ 95 N/mm²
f_{yk} ≥ 60 N/mm²

TRATTAMENTI SUPERFICIALI
resistone cementizia e base di resina epossidica
- superfici interne: impermeabilizzate a base di resina epossidica
(*) Cemento MSR secondo UNI9156

N.B. I prodotti da costruzione utilizzati DEVONO essere conformi al D. Lgs. 106/17 del 10/01/17, di recepimento del regolamento UE N. 305/2011, e dotati di certificazione CE qualora prevista.

Comptech

MM Spa

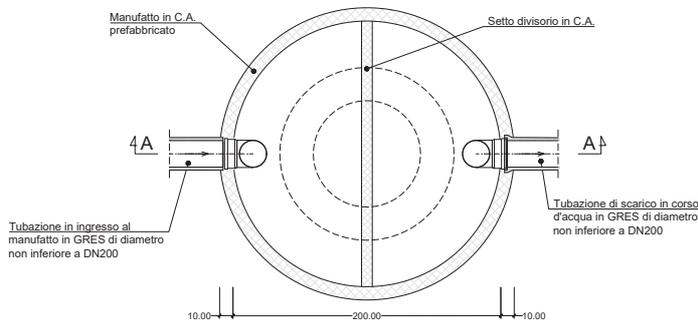
TIPOLOGICI DI PROGETTO DI INTERVENTI DI INVASIVA ORIGINALE

T06 - BACINO DI INFILTRAZIONE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI

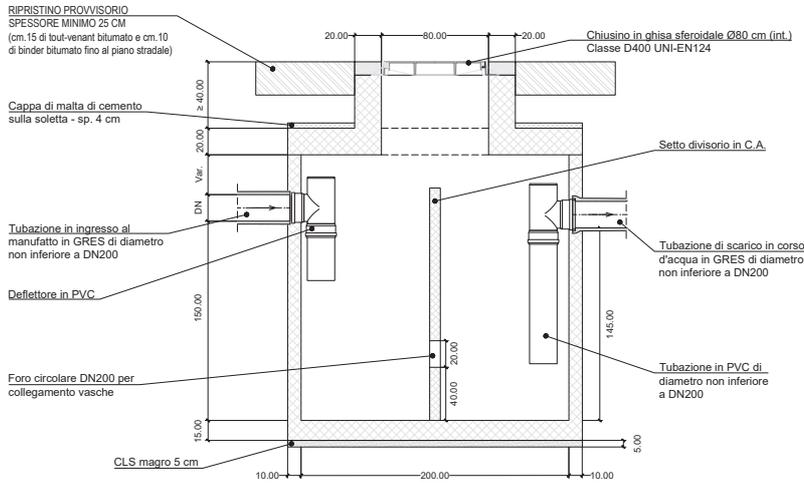
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

PIANTA IMPIANTO DISSABBIATORE/DISOLEATORE
Scala 1:20

Questo manufatto dovrà essere previsto nel progetto di invarianza idraulica e idrologica unicamente in caso di scarico in corso d'acqua e dovrà essere collocato tra il manufatto di regolazione delle portate (definite dal R.R. 7/17) e lo scarico finale

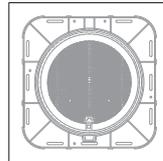


SEZIONE TRASVERSALE A - A

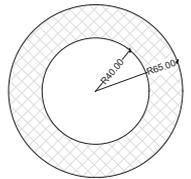


N.B. Il manufatto così dimensionato garantisce il trattamento di portate in ingresso fino a 5 l/s. Nel caso di portate superiori le dimensioni dell'impianto dovranno essere opportunamente adeguate.

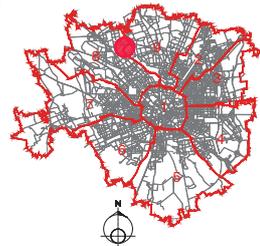
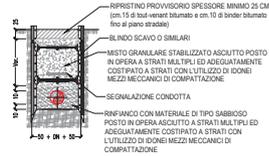
PIANTA CHIUSINO
Chiusino in ghisa sferoidale Ø80
classe D400 UNI-EN124



PIANTA TORRINO



SEZIONE SCAVO E RIPRISTINO PROVVISORIO



E' vietata la riproduzione di questo documento senza la preventiva autorizzazione di MM Spa

MM Spa
Via del Vecchio Politecnico, 8
20121 Milano



Società certificata Sistema Gestione
Qualità ISO 9001, Ambiente ISO 14001,
Energia Servizio Idrico ISO 90001

Appr.		Disegnato		Progettato		Verificato		Acquisito		Approvato	
0	04-05-2020	EMMISSIONE	BINGI	BINGI	MESSAGGI	DEL COGLIARO	MARELLI				

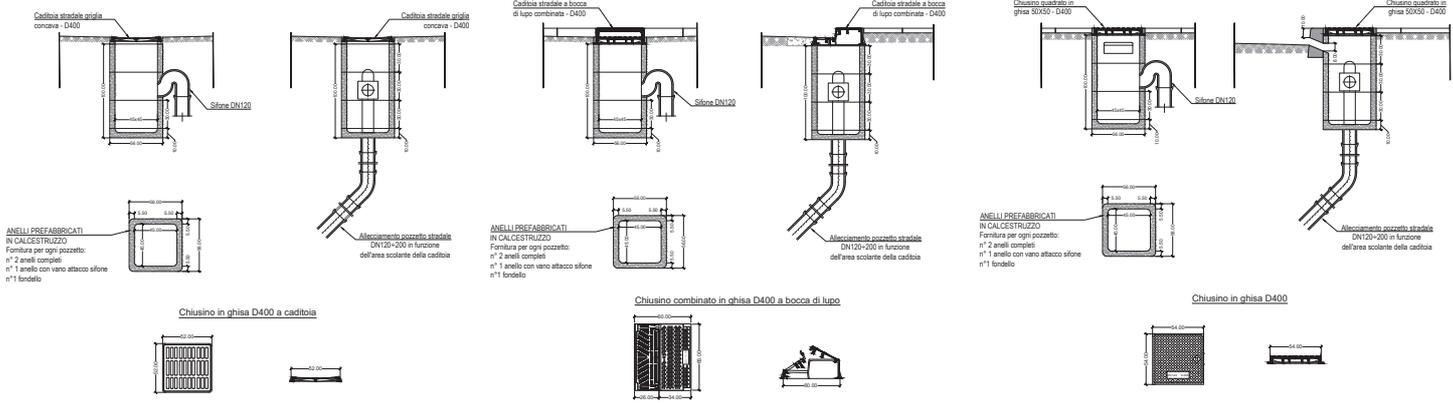
Titolo
TIPOLOGICI DI PROGETTO DI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA
T09 - IMPIANTO DISSABBIATORE-DISOLEATORE

Scatolone	Dimensioni	Scala	Commessa	Lotto	Fase	Cat.	Opera	Progressivo
Scatolone ca:	A1	VARIE						T09

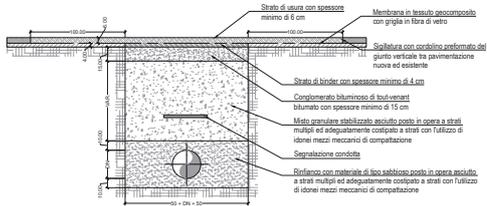
CADITOIA STRADALE
Scala 1:20

CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO COMBINATA
Scala 1:20

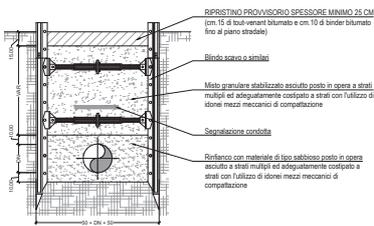
CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO
Scala 1:20



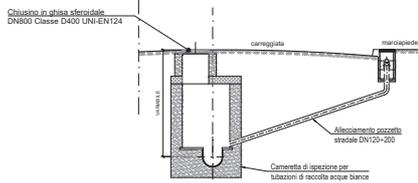
SEZIONE TIPICA IN SEDE STRADALE - RIPRISTINO DEFINITIVO
Come da specifiche tecniche del Comune di Milano - Prezzario Regionale delle OO. PP. - Edizione 2020



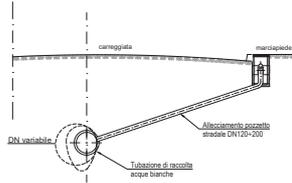
SEZIONE SCAVO E RIPRISTINO PROVVISORIO



ALLACCIAMENTO IN CAMERETTA
Scala 1:50



ALLACCIAMENTO SUL CONDOTTO
Scala 1:50



Comune di Milano

E' vietata la riproduzione di questo documento senza la preventiva autorizzazione di MM SpA

MM SpA Società con forma Società per Azioni
Via del Vecchio Palazzo, 8 20121 Milano

Società certificata Sistema Gestione Qualità ISO 9001:2015 n° 14884 - Emessa Servizio Idrico SIO S0001

Rev.	Descrizione	Aut.	Em.	Valida dal	Valida fino
1	01-08-2020	Progettista	Aut.	01-08-2020	31-12-2021
2	01-08-2020	Verificatore	Aut.	01-08-2020	31-12-2021

Completamento del progetto: 100,00%

TIPOLOGICI DI PROGETTO DI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA

T10 - ALLACCIAMENTO CADITOIE STRADALI

Stato	Dimensioni	Stato	Completamento	Letto	Fase	Ok	Opera	Progresso
Stato in	A1	VARIE	100%					T10